

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004年6月24日 (24.06.2004)

PCT

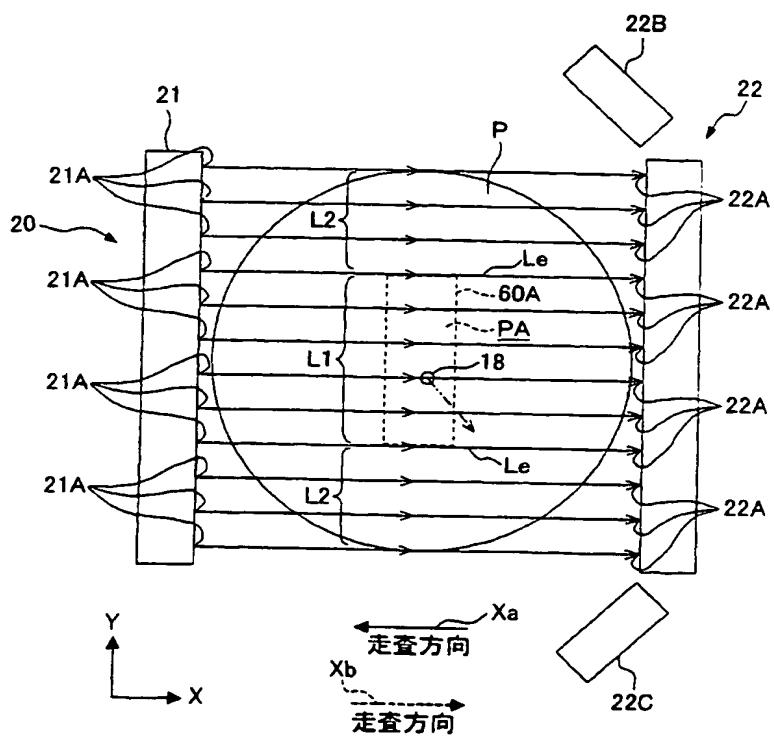
(10) 国際公開番号  
WO 2004/053958 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01L 21/027, G03F 7/20
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/015737
- (22) 国際出願日: 2003年12月9日 (09.12.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2002-357960  
2002年12月10日 (10.12.2002) JP  
特願 2003-393858  
2003年11月25日 (25.11.2003) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; よび
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 水谷英夫 (MIZUTANI,Hideo) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 馬込伸貴 (MAGOME,Nobutaka) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 川北喜十郎 (KAWAKITA,Kijuro); 〒160-0022 東京都新宿区新宿五丁目1番15号 新宿MMビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国(国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,

/続葉有/

(54) Title: EXPOSURE APPARATUS AND METHOD FOR MANUFACTURING DEVICE

(54) 発明の名称: 露光装置及びデバイス製造方法



Xa...SCANNING DIRECTION  
Xb...SCANNING DIRECTION

(57) Abstract: An exposure apparatus, wherein an exposure of a substrate (P) is carried out by filling at least a portion of the space between a projection optical system and the substrate (P) with a liquid and projecting an image of a pattern onto the substrate (P) through the projection optical system and the liquid, comprises an air-bubble sensor (20) for sensing air bubbles in the liquid between the projection optical system and the substrate (P). Consequently, the exposure apparatus enables to suppress deterioration of a pattern image caused by air bubbles in the liquid when an exposure is carried out while filling the space between the projection optical system and the substrate with the liquid.

(57) 要約: 露光装置は、投影光学系と基板Pとの間の少なくとも一部を液体で満たし、投影光学系と液体とを介してパターンの像を基板P上に投影することによって基板Pを露光するものであって、投影光学系と基板Pとの間の液体中の気泡を検出する気泡検出器20を備えている。露光装置は、投影光学系と基板との間に液体を満たして露光処理する際、液体中の気泡に起因するパターン像の劣化を抑えることができる。



SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国(広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS,  
MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特  
許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッ  
パ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,  
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,

添付公開書類:  
— 國際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明細書

### 露光装置及びデバイス製造方法

#### 技術分野

本発明は、投影光学系と基板との間の少なくとも一部を液体で満たした状態で投影光学系によって投影したパターンの像で露光する露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法に関するものである。

#### 背景技術

半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する、いわゆるフォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短くなるほど、また投影光学系の開口数が大きいほど高くなる。そのため、露光装置で使用される露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長は、KrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度（DOF）も重要となる。解像度R、及び焦点深度δはそれぞれ以下の式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \dots \quad (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \dots \quad (2)$$

ここで、λは露光波長、NAは投影光学系の開口数、 $k_1$ 、 $k_2$ はプロセス係数である。（1）式、（2）式より、解像度Rを高めるために、露光波長λを短くして、開口数NAを大きくすると、焦点深度δが狭くなることが分かる。

焦点深度 $\delta$ が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のマージンが不足する恐れがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば国際公開第99/49504号公報に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たし、液体中の露光光の波長が、空気中の $1/n$  ( $n$ は液体の屈折率で通常1.2~1.6程度)になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約 $n$ 倍に拡大するというものである。

液浸法により露光処理を行う場合、投影光学系と基板との間の液体中（特に、基板の表面）に気泡などの気体部分が存在すると、この気泡（気体部分）の影響により基板上に形成されるパターン像が劣化する恐れがある。例えば、気泡は、供給されている液体に含まれている場合だけでなく、供給後に液体中で発生する可能性もある。このようなパターンの像の結像不良を放置しておくと、最終的なデバイスになった段階で不良品として発見されることになり、デバイス生産性の低下を招く恐れがある。

また、液浸法に基づく露光処理を行う際、投影光学系と基板との間に液体を供給する液体供給装置が動作不能となる等、何らかの原因で投影光学系と基板との間の少なくとも一部に液体が満たされない状態が生じて気体部分が形成される場合を考えられる。すなわち、パターンの像の全て、あるいは一部が液体を介さずに基板上に投影されてしまう恐れがある。この場合、パターンの像が基板上で結像しない可能性があり、そのまま放置しておくと最終的なデバイスになるまで不良であることを発見できず、生産性の低下を招く恐れがある。

さらに、液浸法を用いた露光装置では、投影光学系の像面側の液体を介して各種の計測を行う場合があるが、投影光学系の像面側に気体部分が存在し、十分な液体で満たされていない場合には、計測誤差が発生したり、計測不能状態に陥る可能性もある。

## 発明の開示

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、液浸法を用いる場合にも、生産性の低下を抑えることができる露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。また、投影光学系と基板との間に液体を満たして露光処理する際、液体中の気泡に起因するパターン像の劣化等を検知できる露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。さらに、投影光学系と基板との間に液体が満たされないことに起因する生産性の低下を抑えることができる露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。また、本発明は、液浸法を用いる場合にも、露光不良や計測不良などの発生を抑えることのできる露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。

上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す図1～図16に対応付けした以下の構成を採用している。但し、各要素に付した括弧付き符号はその要素の例示に過ぎず、各要素を限定する意図は無い。

本発明の第1の態様に従えば、パターンの像を液体(50)を介して基板(P)上に転写して基板(P)を露光する露光装置であって、

パターンの像を基板(P)に投影する投影光学系(PL)と、  
投影光学系(PL)と基板(P)との間の液体(50)中の気泡を検出する気泡検出器(20)とを備える露光装置(EX)が提供される。

本発明によれば、液浸法に基づいて露光処理する際、気泡検出器により投影光学系と基板との間の液体中の気泡を検出することで、パターン転写精度に大きく係わる部分である投影光学系と基板との間の液体中の気泡に関する情報を検出することができる。この検出結果に基づいて露光不良(不良ショット)を把握できるため、高いデバイス生産性を維持するための適切な処置を施すことができる。

本発明の第2の態様に従えば、パターンの像を液体(50)を介して基板(P)上に転写して基板(P)を露光する露光装置であって、  
パターンの像を基板(P)に投影する投影光学系(PL)と、  
投影光学系(PL)と基板(P)との間の液体(50)の不足を検出する液不足検出装置(20)とを備える露光装置(EX)が提供される。

本発明によれば、液浸法に基づいて露光処理する際、液不足検出装置により投影光学系と基板との間に満たされている液体が不足したかどうかを検出することができる。したがって、この検出結果に基づいて露光不良や不良ショットの発生を早期に把握することができ、液不足に起因する不良デバイスを発生させないための適切な処置を施すことができる。例えば、水不足が検出された場合には、その水不足が解消してから露光を行うようにして、露光不良や不良ショットの発生を抑えることができる。

本発明の第3の態様に従えば、投影光学系(PL)と液体(50)とを介して露光光を基板(P)に照射して前記基板を露光する露光装置であって、

前記露光光の光路中における気体部分の有無を検出する気体検出系(70)を備える露光装置(EX)が提供される。

本発明によれば、気体検出系で露光光の光路中における気体部分の有無を検出することで、例えば、基板の露光中に、その気体部分に起因してパターン像の結像不良や不良ショットが生じたか否かを把握することができる。これにより、高いデバイス生産性を維持するための適切な処置を施すことができる。また、露光光の光路中に気体部分が無いことを確認した上で基板の露光を開始できるため、不良デバイスの発生を抑えることもできる。

本発明の第4の態様に従えば、投影光学系(PL)と液体(50)とを介して露光光を基板(P)に照射して前記基板を露光する露光装置であって、

前記基板上の液体（50）を介して前記基板上に検出光を投射するとともに、前記基板上で反射した検出光を受光して、前記基板の面位置を検出する面位置検出系（70）を備え、

前記面位置検出系（70）の出力に基づいて、前記検出光の光路中における気体部分の有無を検出する露光装置（EX）が提供される。

本発明によれば、液体を介して基板の面位置情報を検出する面位置検出系を使用して、その検出光の光路中における気体部分の有無を検出することで、例えば、基板の露光中にその気体部分に起因してパターン像の結像不良や不良ショットが生じたか否かを把握することができる。これにより、高いデバイス生産性を維持するための適切な処置を施すことができる。また、面位置検出系を気体部分の有無を検出する気体検出系と兼用することで、装置構成を複雑化することなく気体部分の有無を検出することができる。

また、本発明では、上記態様の露光装置（EX）を用いることを特徴とするデバイス製造方法が提供される。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

図2は、投影光学系の先端部と液体供給装置及び液体回収装置との位置関係を示す図である。

図3は、供給ノズル及び回収ノズルの配置例を示す図である。

図4は、気泡検出器を示す平面図である。

図5は、気泡検出手順の一例を示すフローチャート図である。

図6は、基板上のショット領域を示す平面図である。

図7（a）及び（b）は、気泡検出器の検出光について説明するための図である。

図8は、本発明に係る気体検出系の一実施形態を示す図である。

図9は、本発明に係る気体検出系について説明するための模式図である。

図10は、本発明に係る気体検出系による気体部分検出動作を示す図である。

図11は、本発明に係る気体検出系による気体部分検出動作を示す図である。

図12(a)～(c)は、本発明に係る気体検出系による気体部分検出動作を示す図である。

図13は、本発明に係る気体検出系について説明するための模式図である。

図14は、本発明に係る気体検出系の一実施形態を示す図である。

図15は、本発明に係る気体検出系による気体部分検出動作を示す図である。

図16は、半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の露光装置及びデバイス製造方法について図面を参照しながら説明するが、本発明はこれに限定されない。図1は、本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

図1において、露光装置EXは、マスクMを支持するマスクステージMSTと、基板Pを支持する基板ステージPSTと、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明する照明光学系ILと、露光光ELで照明されたマスクMのパターンの像を基板ステージPSTに支持されている基板Pに投影露光する投影光学系PLと、露光装置EX全体の動作を統括制御する制御装置CONTと、制御装置CONTに接続され、露光処理に関する情報を記憶する記憶装置MRYと、露光処理に関する情報を表示する表示装置DSとを備えている。

ここで、本実施形態では、露光装置EXとしてマスクMと基板Pとを走査方向における互いに異なる向き（逆方向）に同期移動しつつマスクMに形成されたパターンを基板Pに露光する走査型露光装置（所謂スキャニングステッパー）を使用する場合を例にして説明する。以下の説明において、投影光学系PLの光軸AXと一致する方向をZ軸方向、Z軸方向に垂直な平面内でマスクMと基板Pとの同

期移動方向（走査方向）をX軸方向、Z軸方向及びY軸方向に垂直な方向（非走査方向）をY軸方向とする。また、X軸、Y軸、及びZ軸まわり方向をそれぞれ、 $\theta_X$ 、 $\theta_Y$ 、及び $\theta_Z$ 方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエハ上にレジストを塗布したものを含み、「マスク」は基板上に縮小投影されるデバイスパターンを形成されたレチクルを含む。

照明光学系ILは、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明するものであり、露光用光源、露光用光源から射出された光束の照度を均一化するオプティカルインテグレータ、オプティカルインテグレータからの露光光ELを集光するコンテンサレンズ、リレーレンズ系、露光光ELによるマスクM上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等を有している。マスクM上の所定の照明領域は照明光学系ILにより均一な照度分布の露光光ELで照明される。照明光学系ILから射出される露光光ELとしては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g線、h線、i線）及びKrFエキシマレーザ光（波長248nm）等の遠紫外光（DUV光）や、ArFエキシマレーザ光（波長193nm）及びF<sub>2</sub>レーザ光（波長157nm）等の真空紫外光（VUV光）などが用いられる。本実施形態では、ArFエキシマレーザ光を用いた。

マスクステージMSTは、マスクMを支持するものであって、投影光学系PLの光軸AXに垂直な平面内、すなわちXY平面内で2次元移動可能及び $\theta_Z$ 方向に微小回転可能である。マスクステージMSTはリニアモータ等のマスクステージ駆動装置MSTDにより駆動される。マスクステージ駆動装置MSTDは制御装置CONTにより制御される。マスクステージMST上のマスクMの2次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTはレーザ干渉計の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置MSTDを駆動することでマスクステージMSTに支持されているマスクMの位置決めを行う。

投影光学系PLは、マスクMのパターンを所定の投影倍率 $\beta$ で基板Pに投影露

光するものであって、複数の光学素子（レンズ）で構成されており、これら光学素子は金属部材としての鏡筒PKで支持されている。本実施形態において、投影光学系PLは、投影倍率 $\beta$ が例えば1/4あるいは1/5の縮小系である。なお、投影光学系PLは等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、本実施形態の投影光学系PLの先端側（基板P側）には、光学素子（レンズ）60が鏡筒PKより露出している。この光学素子60は鏡筒PKに対して着脱（交換）可能に設かれている。

基板ステージPSTは、基板Pを支持するものであって、基板Pを基板ホルダを介して保持するZステージ51と、Zステージ51を支持するXYステージ52と、XYステージ52を支持するベース53とを備えている。基板ステージPSTはリニアモータ等の基板ステージ駆動装置PSTDにより駆動される。基板ステージ駆動装置PSTDは制御装置CONTにより制御される。Zステージ51を駆動することにより、Zステージ51に保持されている基板PのZ軸方向における位置（フォーカス位置）、及び $\theta_X$ 、 $\theta_Y$ 方向における位置が制御される。また、XYステージ52を駆動することにより、基板PのXY方向における位置（投影光学系PLの像面と実質的に平行な方向の位置）が制御される。すなわち、Zステージ51は、基板Pのフォーカス位置及び傾斜角を制御して基板Pの表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系PLの像面に合わせ込み、XYステージ52は基板PのX軸方向及びY軸方向における位置決めを行う。なお、ZステージとXYステージとを一体的に設けてよいことは言うまでもない。

基板ステージPST（Zステージ51）上には、基板ステージPSTとともに投影光学系PLに対して移動する移動鏡54が設けられている。また、移動鏡54に対向する位置にはレーザ干渉計55が設けられている。基板ステージPST上の基板Pの2次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計55によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTはレーザ干渉計55の計測結果に基づいて基板ステージ駆動装置PSTDを駆動

することで基板ステージ P S T に支持されている基板 P の位置決めを行う。

本実施形態では、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに、焦点深度を実質的に広くするために、液浸法を適用する。そのため、少なくともマスク M のパターンの像を基板 P 上に転写している間は、基板 P の表面と投影光学系 P L の基板 P 側の光学素子（レンズ）6 0 の先端面（下面）7 との間に所定の液体 5 0 が満たされる。上述したように、投影光学系 P L の先端側にはレンズ 6 0 が露出しており、液体 5 0 はレンズ 6 0 のみに接触するように構成されている。これにより、金属からなる鏡筒 P K の腐蝕等が防止されている。本実施形態において、液体 5 0 には純水が用いられる。純水は、Ar F エキシマレーザ光のみならず、露光光 E L を例えれば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g 線、h 線、i 線）及び Kr F エキシマレーザ光（波長 248 nm）等の遠紫外光（DUV 光）とした場合、この露光光 E L を透過可能である。

露光装置 E X は、投影光学系 P L の先端面（レンズ 6 0 の先端面）7 と基板 P との間の空間 5 6 に所定の液体 5 0 を供給する液体供給装置 1 と、空間 5 6 の液体 5 0 を回収する液体回収装置 2 とを備えている。液体供給装置 1 は、投影光学系 P L と基板 P との間の少なくとも一部を液体 5 0 で満たすためのものであって、液体 5 0 を収容するタンク、加圧ポンプなどを備えている。液体供給装置 1 には供給管 3 の一端部が接続され、供給管 3 の他端部には供給ノズル 4 が接続されている。液体供給装置 1 は供給管 3 及び供給ノズル 4 を介して空間 5 6 に液体 5 0 を供給する。液体供給装置 1 は、空間 5 6 に供給する液体 5 0 の温度を、例えば露光装置 E X が収容されているチャンバ内の温度（例えば 23°C）と同程度に設定する。

液体回収装置 2 は、吸引ポンプ、回収した液体 5 0 を収容するタンクなどを備えている。液体回収装置 2 には回収管 6 の一端部が接続され、回収管 6 の他端部には回収ノズル 5 が接続されている。液体回収装置 2 は回収ノズル 5 及び回収管 6 を介して空間 5 6 の液体 5 0 を回収する。空間 5 6 に液体 5 0 を満たす際、制

御装置CONTは液体供給装置1を駆動し、供給管3及び供給ノズル4を介して空間56に対して単位時間当たり所定量の液体50を供給するとともに、液体回収装置2を駆動し、回収ノズル5及び回収管6を介して単位時間当たり所定量の液体50を空間56より回収する。これにより、投影光学系PLの先端面7と基板Pとの間の空間56に液体50が保持される。

露光装置EXは、投影光学系PLと基板Pとの間の空間56の液体50中の気泡を検出する気泡検出器20を備えている。気泡検出器20は液体50中の気泡を光学的に検出するものであり、空間56の液体50に検出光を投射する投射系21と、空間56の液体50からの検出光を受光する受光系22とを備えている。投射系21は検出光を基板Pの表面に対して傾斜方向から投射することにより、空間56の液体50に検出光を投射する。投射系21は、投影光学系PLの光軸AXに対して基板Pの走査方向であるX軸方向に離れた位置から検出光を基板Pの表面に対して投射する。本実施形態では、投射系21は投影光学系PLの光軸AXに対して-X方向に離れた位置に設けられ、受光系22は投影光学系PLの光軸AXに対して+X方向に離れた位置に設けられている。

図2は、露光装置EXの投影光学系PLの下部、液体供給装置1及び液体回収装置2等を示す図1の部分拡大図である。図2において、投影光学系PLの最下端のレンズ60は、先端部60Aが走査方向に必要な部分だけを残してY軸方向（非走査方向）に細長い矩形状に形成されている。走査露光時には、先端部60Aの直下の矩形の投影領域PAにマスクMの一部のパターン像が投影され、投影光学系PLに対して、マスクMが-X方向（又は+X方向）に速度Vで移動するのに同期して、XYステージ52を介して基板Pが+X方向（又は-X方向）に速度 $\beta \cdot V$ （ $\beta$ は投影倍率）で移動する。そして、1つのショット領域への露光終了後に、基板Pのステッピングによって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で各ショット領域に対する露光処理が順次行われる。本実施形態では、基板Pの走査方向と平行に液体50を流すように設定されている。

図3は、投影光学系PLのレンズ60の先端部60Aと、液体50をX軸方向に供給する供給ノズル4(4A～4C)と、液体50を回収する回収ノズル5(5A、5B)との位置関係を示す図である。図3において、レンズ60の先端部60Aの形状はY軸方向に細長い矩形状となっており、投影光学系PLのレンズ60の先端部60AをX軸方向に挟むように、+X方向側に3つの供給ノズル4A～4Cが配置され、-X方向側に2つの回収ノズル5A、5Bが配置されている。そして、供給ノズル4A～4Cは供給管3を介して液体供給装置1に接続され、回収ノズル5A、5Bは回収管4を介して液体回収装置2に接続されている。また、供給ノズル4A～4Cと回収ノズル5A、5Bとを先端部60Aの中心に対して略180°回転した位置に、供給ノズル8A～8Cと、回収ノズル9A、9Bとが配置されている。供給ノズル4A～4Cと回収ノズル9A、9BとはY軸方向に交互に配列され、供給ノズル8A～8Cと回収ノズル5A、5BとはY軸方向に交互に配列され、供給ノズル8A～8Cは供給管10を介して液体供給装置1に接続され、回収ノズル9A、9Bは回収管11を介して液体回収装置2に接続されている。

矢印Xa(図3参照)で示す走査方向(-X方向)に基板Pを移動させて走査露光を行う場合には、供給管3、供給ノズル4A～4C、回収管4、及び回収ノズル5A、5Bを用いて、液体供給装置1及び液体回収装置2により液体50の供給及び回収が行われる。すなわち、基板Pが-X方向に移動する際には、供給管3及び供給ノズル4(4A～4C)を介して液体供給装置1から液体50が投影光学系PLと基板Pとの間に供給されるとともに、回収ノズル5(5A、5B)、及び回収管6を介して液体50が液体回収装置2に回収され、レンズ60と基板Pとの間を満たすように-X方向に液体50が流れる。一方、矢印Xbで示す走査方向(+X方向)に基板Pを移動させて走査露光を行う場合には、供給管10、供給ノズル8A～8C、回収管11、及び回収ノズル9A、9Bを用いて、液体供給装置1及び液体回収装置2により液体50の供給及び回収が行われる。すなわち、基板Pが+X方向に移動する際には、供給管10及び供給ノズル8(8A

～8°C)を介して液体供給装置1から液体50が投影光学系PLと基板Pとの間に供給されるとともに、回収ノズル9(9A、9B)、及び回収管11を介して液体50が液体回収装置2に回収され、レンズ60と基板Pとの間を満たすよう +X方向に液体50が流れる。このように、制御装置CONTは、液体供給装置1及び液体回収装置2を用いて、基板Pの移動方向に沿って基板の移動方向と同一方向に液体50を流す。この場合、例えば液体供給装置1から供給ノズル4を介して供給される液体50は基板Pの-X方向への移動に伴って空間56に引き込まれるようにして流れるので、液体供給装置1の供給エネルギーが小さくても液体50を空間56に容易に供給できる。そして、走査方向に応じて液体50を流す方向を切り替えることにより、+X方向、又は-X方向のどちらの方向に基板Pを走査する場合にも、レンズ60の先端面7と基板Pとの間を液体50で満たすことができ、高い解像度及び広い焦点深度を得ることができる。

図4は、気泡検出器20の概略構成を示す平面図である。投射系21及び受光系22は投影光学系PLのレンズ60の先端部60A、すなわち投影光学系PLの基板P上における投影領域PAをX軸方向に挟むように設けられている。投射系21は、Y軸方向に並ぶ複数の投射部21Aを有しており、それぞれの投射部21Aから基板Pに対して検出光が投射される。複数の投射部21Aから投射される検出光の基板P表面に対する入射角度はそれぞれ同じ角度に設定されている。受光系22は、投射系21の投射部21Aに対応する複数の受光部22Aを有している。それぞれの投射部21Aから投射された検出光は、液体中に気泡がない場合には液体50を通過して基板Pの表面で反射し、受光部22Aで受光される。

また、受光系22は、投射系21からの検出光が直接入射しない位置に配置された受光部22B、22Cを有している。液体中に気泡が存在する場合に、投射系21からの検出光が液体中の気泡に当たって反射したときの散乱光は、この受光部22B、22Cで受光(暗視野検出)される。

投射系21から投射される複数の検出光のうち、一部の検出光L1は基板P上

のレンズ 60 の先端部 60A に対応する領域（投影光学系 PL の投影領域 PA）に投射され、残りの検出光 L2 は投影領域 PA の Y 軸方向両外側の領域に投射される。また、投射系 21 は、複数の検出光のうち少なくとも一部の検出光 Le を投影領域 PA の Y 軸方向における境界部近傍に対して投射する。ここで、レンズ 60 の先端部 60A と基板 P との間、すなわち基板 P 上の投影領域 PA に対応する部分に液体供給装置 1 より液体 50 が供給されるため、この投影領域 PA に対する部分が液浸部分となっている。

図 7 (a) は、基板 P の表面に付着している気泡 18 に対して検出光が照射される状態を側方から見た模式図であり、図 7 (b) は図 7 (a) の平面図である。

図 7 (a) に示すように、例えば検出光がスポット光であり、その光束の径が D1 である場合、検出光を基板 P に対して傾斜方向から投射することにより、基板 P 上における検出光は図 7 (b) に示すように X 軸方向（走査方向）を長手方向とする橢円状となる。基板 P 上における検出光の橢円状検出領域の長手方向の大きさ D2 は、上記径 D1 より大きい。すなわち、例えば検出光を基板 P の表面に対して垂直方向から照射した場合は検出光の検出領域の X 軸方向における大きさは D1 となるが、傾斜方向から検出光を照射することで、X 軸方向において D1 より大きい D2 の検出領域で気泡 18 を検出することができる。したがって、X 軸方向に走査する基板 P 上の気泡 18 を検出する際、気泡 18 は径 D1 の検出領域に比べてより広い検出領域で検出されることになり、気泡検出器 20 は気泡 18 の検出精度を向上することができる。なお、ここでは検出光をスポット光として説明したが、検出光がスリット光であっても同様の効果が得られる。

次に、上述した構成を有する露光装置 EX を用いてマスク M のパターンを投影光学系 PL 及び液体 50 を介して基板 P に露光する手順について図 5 のフローチャートを参照しながら説明する。

まず、マスク M をマスクステージ MST にロードするとともに、基板 P を基板

ステージPSTにロードする。次いで、制御装置CONTは液体供給装置1及び液体回収装置2を駆動し、空間56に対する液体供給動作を開始する。これにより、投影光学系PLの下面7（先端部60A）と基板Pの投影領域PAとの間に液体50が満たされる（ステップS1）。

次いで、制御装置CONTは、基板ステージPSTを駆動して基板PをX軸方向に走査しつつ、照明光学系ILからの露光光ELでマスクMを照明し、マスクMのパターンを投影光学系PL及び液体50を介して基板Pに投影する。これと同時に、制御装置CONTは投射系21より検出光を基板Pに対して傾斜方向から投射する。制御装置CONTは基板P表面のZ軸方向における位置を検出しつつ、基板Pに対して露光処理する（ステップS2）。

投射系21から基板Pに投射された検出光は空間56に満たされている液体50中を通過し、基板P上の投影領域に投射される。ここで、図4に示すように、投影領域内の基板Pの表面に気泡18が存在（付着）している場合、気泡18に投射された検出光は散乱する。気泡18に投射された検出光の一部が散乱することで、通常では検出されない強い光が受光部22B、22Cに入射し、この検出光に対応する受光部22Aに受光される光強度が低下する。受光部22A、22B及び22Cの検出結果は制御装置CONTに出力され、制御装置CONTはこの受光系22で検出される光の強度に基づいて、基板P上に気泡が存在するか否かを検出する（ステップS3）。

ここで、制御装置CONTは、受光部22B、22Cで検出される光の強度に基づいて気泡18の大きさや量を求めることができる。例えば、小さい気泡はより大きな角度で光を散乱するので、制御装置CONTは、受光部22B、22Cの検出結果に基づいて、気泡18からの散乱光の方向を求めることにより、気泡18の大きさ求めることができる。更に、受光した光の強度を検出することで基板P上の単位面積当たりの気泡18の量を求めることもできる。

このとき、基板PのX Y方向の位置はレーザ干渉計55の計測結果より特定されるとともに、気泡18に投射された検出光を受光した受光部22AのY軸方向における設置位置も設計値に基づいて特定される。したがって、制御装置CONTは、レーザ干渉計55の計測結果及び受光する光の強度が低下した受光部22Aの設置位置に関する情報に基づいて、基板P上において気泡18が存在する位置を特定することができる。気泡18が存在する位置を特定したら、制御装置CONTはこの気泡18の位置情報を記憶装置MRYに記憶する(ステップS4)。

また、制御装置CONTは基板PをX軸方向に走査しつつ基板Pに対して検出光を投射することで、気泡18の存在の有無や気泡の量等、ショット領域のそれについての気泡18に関する情報を検出することができる。

ここで、記憶装置MRYには、基板Pに対して所望のパターン転写精度でパターンが転写されるかどうかの気泡18に関するしきい値情報が記憶されている。このしきい値は、気泡18の大きさに関するしきい値、あるいは1つのショット領域についての気泡18の量(数)に関するしきい値を含む。制御装置CONTは、記憶装置MRYに記憶されているしきい値情報と、気泡検出器20による気泡検出結果とを比較する(ステップS5)。

次いで、制御装置CONTは、気泡検出器20による気泡検出結果が前記しきい値以上であるかどうかを判別する(ステップS6)。

例えば、径の小さい気泡18が液体50中を僅かに浮遊している場合等、気泡18が液体中に存在していても所望のパターン転写精度を得られる場合がある。そこで、気泡18の量及び大きさに関するしきい値を予め求めておき、気泡検出結果が前記しきい値以下であれば基板Pの露光を行ふことができると判断する。すなわち、制御装置CONTは、記憶装置MRYに記憶されている気泡に関するしきい値情報を参照し、気泡検出器20の検出結果に基づいて、基板Pの露光が適切に行われたか否かを判断する。なお、しきい値は、例えば予め実験的

に求め、記憶装置M R Yに記憶しておく。

気泡18が上記しきい値以下であると判断した場合、つまり基板Pの露光が適切に行われると判断した場合、制御装置C O N Tは露光処理を継続する。一方、気泡18が上記しきい値以上であると判断した場合、つまり、気泡18の存在により基板Pの露光が適切に行われないと判断した場合、制御装置C O N Tは、例えば露光処理動作を中断したり、あるいは表示装置D Sや不図示の警報装置を駆動して、許容範囲以上（しきい値以上）の気泡が存在する旨を通知したり、あるいは基板P上における気泡18の位置情報を表示装置D Sで表示する等の処理を行う（ステップS 7）。

ここで、図6に示すように、基板P上の複数のショット領域S Hのそれぞれについて露光する場合について考える。この場合、ステップS 6において気泡18が上記しきい値以上であると判断した場合でも、制御装置C O N Tは露光処理を継続する。このとき、制御装置C O N Tは、基板P上の複数のショット領域S Hのそれぞれの露光中に気泡検出器20による気泡18の検出を行い、上記しきい値情報とレーザ干渉計による気泡の位置情報を参照し、複数のショット領域S Hのうち気泡18によりパターンの像の結像が適切に行われなかったショット領域S H'を記憶装置M R Yに記憶する（ステップS 8）。露光処理終了後、記憶装置M R Yに記憶された情報に基づいて、複数のショット領域S Hのうちパターンの像の結像が適切に行われなかったショット領域S H'について、その後の別のレイヤの露光処理を行わなかったり、レジストをつけ直して再露光することができる。

本実施形態においては、複数の検出光のうち、基板P上の投影領域P Aには検出光L 1が投射され、Y軸方向の両側境界部に対して検出光L eが投射される。この検出光L 1やL eの受光系22での受光結果に基づいて、空間56に液体50が満たされているかどうかを判断することができる。例えば、基板P上の投影領域P Aの境界部付近で液体50の剥離等の不都合により空間56の一部に液体

50が保持されてない状態が生じた場合には、検出光L<sub>e</sub>の光路が変化して受光系22に受光されず、非入射状態となる。制御装置CONTは、検出光L<sub>e</sub>の受光部22Aの受光結果に基づいて、空間56に液体50が満たされていないことを判断することができる。また、例えば、液体供給装置1が何らかの原因で動作不能となり、投影光学系PLと基板Pとの間の液体50が不足する場合も考えられる。この場合にも、検出光L<sub>1</sub>の光路が変化して受光部22Aに対して非入射状態となる。制御装置CONTは、受光部22Aの受光結果に基づいて、空間56の液体が不足していることを検出することができる。このように、気泡検出器20は、投影光学系PLと基板Pとの間の液体50が不足することを検出する液不足検出装置としての機能も有する。なお、本文中、「液体が不足する」とは、液体が空間56に部分的に又は量的に供給されない場合のみならず、全く存在しなくなる場合も含む。

この場合においても、制御装置CONTは、基板P上の複数のショット領域SHのそれぞれの露光中に液不足検出装置20による液切れ（液不足）の検出を行い、レーザ干渉計の位置計測結果に基づいて、複数のショット領域SHのうち露光中に液不足が生じたショット領域（不良ショット領域）SH'を記憶装置MRYに記憶する。そして、露光処理終了後、記憶装置MRYに記憶した情報に基づいて、複数のショット領域SHのうち液不足に起因してパターンの像の結像が適切に行われなかったショット領域SH'について、その後の別レイヤの露光処理を行わなかったり、レジストをつけ直して再露光を行う。

なお、上述した液不足検出装置は、液不足が生じているかどうかを光学的に検出する構成であるが、例えば、液体供給装置1の供給管3や供給ノズル4に設けた流量計（流量検出装置）により液不足検出装置を構成してもよい。流量検出装置は、空間56に供給される液体50の単位時間当たりの液体流量を検出し、制御装置CONTに検出結果を出力する。制御装置CONTは流量検出装置の検出結果に基づいて、液体の流量が所定値以下である場合、液不足が生じていると判断する。

また、気泡のような小さい気体部分だけでなく、比較的大きな気体の空間（気体部分）が液体中に発生してしまう場合や、液体供給装置1から液体の供給を開始したときに、投影光学系PLの像面側に気体が残ってしまう場合も考えられる。こうした場合にも、検出光L1が受光部22Aに対して非入射状態となるため、受光部22Aの受光結果に基づいて、投影光学系PLの像面側の気体部分の有無を検出することができる。このように、気泡検出器20は、液体中の気泡の検出だけでなく、投影光学系PLと基板Pとの間の気体部分の有無を検出する機能も有する。

以上説明したように、投影光学系PLと基板Pとの間の空間56に満たされた液体50中の気泡18を検出する気泡検出器20を設けることにより、空間56においてパターン転写精度に大きく影響を及ぼす気泡18の情報を検出することができる。これにより、良好な生産性を維持するための適切な処置を施すことができる。また、液体中に気泡が存在した場合には、気泡の検出結果に基づいてパターンが適切に転写されたかどうかを判断することで、例えば、パターンが適切に転写されたショット領域に対応するデバイスのみを製品として採用したり、あるいは露光処理を一旦中断して気泡を除去するための処理を施すことができる。

なお、本実施形態では、基板Pの表面に付着している気泡18を検出する場合について説明したが、液体50中に気泡が浮遊している場合でも、浮遊している気泡に検出光が照射されることにより受光系22で受光される光の強度が変化するので、液体50中に浮遊している気泡の量を検出することも可能である。また、浮遊している気泡を検出した検出光と基板Pに付着している気泡を検出した検出光とでは受光部22B、22Cに受光される光の強度が異なるので、検出した気泡が浮遊しているものか基板Pに付着しているものかを受光部22B、22Cの受光結果に基づいて判別することも可能である。さらに、検出光を投影光学系PLの下面7に対して照射することにより、投影光学系PLの下面7に付着している気泡に関する情報を検出することもできる。また、投射系21からの検出光の

一部を基板Pの表面位置の検出に用いてよい。

なお、本実施形態では、投射系21は基板Pの走査方向の離れた位置から基板Pに対してXZ平面と平行に検出光を投射することにより、検出精度の向上を図っているが、基板Pに対してYZ平面と平行に検出光を投射する構成とすることもできる。また、本実施形態では、基板Pに対してY軸方向に複数並んだスポット光（検出光）を照射したが、例えば1つのスポット光をY軸方向に走査しつつ、このスポット光に対して基板PをX軸方向に走査するようにしてもよい。あるいは、Y軸方向に延びるスポット光を基板Pに投射するようにしてもよい。このような構成であっても、基板P表面の所定の領域に対する気泡検出動作を行うことができる。

また、上述の実施形態においては、基板P上に液浸領域を形成する場合について説明したが、基板ステージPST（Zステージ51）上の各種計測部材やセンサを用いる場合にも、投影光学系PLの像面側を液体で満たすことが考えられる。こうした計測部材やセンサで液体を介して計測を行うときに、投影光学系PLの像面側に気体部分（液中の気泡など）が存在すると計測誤差となってしまうおそれがある場合には、気泡検出器20を使って気体部分の有無などを検出するようにしてよい。なお、基板ステージPST（Zステージ51）上に用い得る各種計測部材やセンサの具体的な内容については、特開2002-14005号公報、特開平11-16816号公報、特開昭57-117238号公報、特開平11-238680号公報、特開2000-97916号公報、特開平4-324923号公報等に詳細に記載されており、それぞれ本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、これらの文献の記載内容を援用して本文の記載の一部とする。

次に、本発明の別の実施形態について図8を参照しながら説明する。以下の説明において、上述した実施形態と同一又は同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略もしくは省略する。

図8は、投影光学系PLの先端部近傍を示す側面図である。図8において、投影光学系PLの先端部の光学素子60と基板Pとの間には液体50が満たされており、基板P上には液体50の液浸領域ARが形成されている。なお、図8では、基板P上に液体50を供給する供給ノズル4及び基板P上の液体50を回収する回収ノズル5の図示を省略した。

なお、本実施形態の以下の説明においては、基板Pが投影光学系PLの光学素子60と対向している場合について説明するが、特開2002-14005号公報、特開平11-16816号公報、特開昭57-117238号公報、特開平11-238680号公報、特開2000-97916号公報、特開平4-324923号公報などに開示されているような、基板ステージPST(Zステージ51)上の各種計測部材やセンサが投影光学系PLの光学素子60に対向している場合も同様である。

露光装置EXは、基板Pの面位置情報を検出するフォーカス検出系70を備えている。フォーカス検出系70は、投影光学系PLの投影領域PAを挟んでその両側にそれぞれ設けられている投射系71と受光系72とを有し、投射系71から基板P上の液体50を介して基板P表面(露光面)に斜め方向から検出光Laを投射し、基板P上で反射した検出光(反射光)Laを受光系72で受光する。制御装置CONTは、フォーカス検出系70の動作を制御するとともに、受光系72の受光結果に基づいて、所定基準面に対する基板P表面のZ軸方向における位置(フォーカス位置)及び傾きを検出する。なお、図8では、投射系71及び受光系72は投影領域PAを挟んで±X方向のそれぞれの側に、投影領域PAから離れた位置に設けられているが、投射系71及び受光系72は投影領域PAを挟んで±Y方向のそれぞれの側に設けられてもよい。

フォーカス検出系70の投射系71は複数の投射部を有し、図9に示すように、基板P上に複数の検出光Laを投射する。また、受光系72は複数の投射部に応

じた複数の受光部を有している。これにより、フォーカス検出系 70 は、基板 P 表面の、例えばマトリクス状の複数の各点（各位置）での各フォーカス位置を求めることができる。また、求めた複数の各点でのフォーカス位置に基づいて、基板 P の傾斜方向の姿勢を求めることができる。なお、フォーカス検出系 70 の構成については、例えば特開平 8-37149 号公報に詳細に記載されており、本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、この文献中の記載を援用して本文の記載の一部とする。

制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 70 の検出結果に基づいて、基板ステージ駆動装置 P S T D を介して基板ステージ P S T の Z ステージ 51（図 1 参照）を駆動することにより、Z ステージ 51 に保持されている基板 P の Z 軸方向における位置（フォーカス位置）、及び  $\theta X$ 、 $\theta Y$  方向における位置を制御する。すなわち、Z ステージ 51 は、フォーカス検出系 70 の検出結果に基づく制御装置 C O N T からの指令に基づいて動作し、基板 P のフォーカス位置（Z 位置）及び傾斜角を制御して基板 P の表面（露光面）を投影光学系 P L 及び液体 50 を介して形成される像面に合わせ込む。

図 8 に戻って、投影光学系 P L の先端部近傍には、フォーカス検出系 70 の投射系 71 から射出された検出光 L a を透過可能な第 1 光学部材 8 1 と、基板 P 上で反射した検出光 L a を透過可能な第 2 光学部材 8 2 とが設けられている。第 1 光学部材 8 1 及び第 2 光学部材 8 2 は、投影光学系 P L 先端の光学素子 6 0 とは分離した状態で支持されており、第 1 光学部材 8 1 は光学素子 6 0 の -X 方向側に配置され、第 2 光学部材 8 2 は光学素子 6 0 の +X 方向側に配置されている。また、第 1 光学部材 8 1 及び第 2 光学部材 8 2 は、露光光 E L の光路及び基板 P の移動を妨げない位置で且つ液浸領域 A R の液体 5 0 に接触可能な位置に設けられている。

図 8 に示すように、基板 P の露光処理中においては、投影光学系 P L を通過した露光光 E L の光路、つまり光学素子 6 0 と基板 P（基板 P 上の投影領域 P A）

との間の露光光 E L の光路が全て液体 5 0 で満たされるように、液体供給装置 1 (図 1 参照) から液体 5 0 が基板 P 上に供給される。また、光学素子 6 0 と基板 P との間の露光光 E L の光路の全てが液体 5 0 で満たされ、基板 P 上において液浸領域 A R が投影領域 P A の全てを覆うような所定の状態となったとき、液浸領域 A R を形成する液体 5 0 は第 1 光学部材 8 1 及び第 2 光学部材 8 2 のそれぞれの端面に密着 (接触) している。基板 P 上に液浸領域 A R が形成され、液体 5 0 が第 1 光学部材 8 1 及び第 2 光学部材 8 2 のそれぞれの端面に密着している状態においては、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a 及び基板 P 上における反射光 L a の光路のうち第 1 光学部材 8 1 と第 2 光学部材 8 2 との間の光路は全て液体 5 0 で満たされる。また、検出光 L a の光路の全てが液体 5 0 で満たされた状態では、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a は、基板 P 上の投影光学系 P L の投影領域 P A に照射されるように設定されている。なお、投影領域 P A の外側、特に投影領域 P A に対して基板 P の走査方向 (X 軸方向) に離れた位置に照射される検出光があつてもよい。

液浸領域 A R が所定の状態で形成され、第 1 光学部材 8 1 と第 2 光学部材 8 2 との間の検出光 L a の光路の全てが液体 5 0 で満たされた状態では、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a は、散乱や屈折などを生じることなく、第 1 光学部材 8 1 及び液浸領域 A R の液体 5 0 を通過して基板 P (投影領域 P A ) に所望状態で照射される。基板 P からの反射光 L a は、液浸領域 A R の液体 5 0 及び第 2 光学部材 8 2 を通過して受光系 7 2 に所望状態で受光される。換言すれば、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a が受光系 7 2 に受光されるとき、液浸領域 A R は所定の状態に形成されている。このように、フォーカス検出系 7 0 の受光系 7 2 の出力に基づいて、検出光 L a の光路中の全てが液体 5 0 で満たされているか否かを光学的に検出することができる。

また、上述したように、液浸領域 A R が所定の状態で形成されている場合、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a は、投影光学系 P L

の投影領域 P A に照射されるようになっており、投影領域 P A を含む露光光 E L の光路の少なくとも一部を通過するようになっている。これにより、フォーカス検出系 7 0 は、受光系 7 2 の出力に基づいて、露光光 E L の光路が液体 5 0 で満たされているか否かを光学的に検出することができる。

なお、ここでは、第 1 光学部材 8 1 と第 2 光学部材 8 2 とは互いに独立した部材として説明したが、第 1 光学部材 8 1 と第 2 光学部材 8 2 とを例えば投影光学系 P L の先端部の光学素子 6 0 を囲むように一つの環状光学部材として構成してもよい。環状光学部材の一部に検出光を照射し、液浸領域 A R 及び基板 P 表面を通過した検出光を、環状光学部材を介して受光することができる。光学部材を環状に形成して液浸領域 A R の液体 5 0 を環状光学部材の内側面に密着させることにより、液浸領域 A R 2 の形状を良好に維持することができる。また、本実施形態においては、第 1 光学部材 8 1 及び第 2 光学部材 8 2 は投影光学系 P L に対して分離して設けられているが、投影光学系 P L の光学素子 6 0 と一体で設けられていてもよい。

なお、上記第 1 、第 2 光学部材 8 1 、 8 2 の端面である液体接触面や上記環状光学部材の液体接触面を、例えば親液化処理して親液性とすることにより、液浸領域 A R の液体 5 0 は光学部材の液体接触面に密着し易くなるため、液浸領域 A R の形状を維持し易くなる。

図 1 0 は、液浸領域 A R の液体 5 0 中に気泡 1 8 が存在している状態を示す図である。図 1 0 に示すように、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された複数の検出光 L a のうち、気泡 1 8 に当たった検出光 L a は散乱や屈折などを生じる。これにより、気泡 1 8 に当たった検出光 L a は、受光系 7 2 に光量を低下した状態で受光されるか、あるいはその光路が変化するため受光されない。つまり、液体 5 0 中に気泡（気体部分） 1 8 がある場合、受光系 7 2 に受光される光強度が変化（低下）する。したがって、フォーカス検出系 7 0 は、受光系 7 2 の出力に基づいて、露光光 E L の光路上に形成された液浸領域 A R の液体 5 0 中

に存在する気泡（気体部分）18を光学的に検出することができる。液浸領域ARは露光光ELの光路上に形成され、また、検出光Laは露光光ELの光路の一部である投影領域PAを照射するため、フォーカス検出系70は、受光系72の出力に基づいて、露光光ELの光路中における気泡（気体部分）の有無、すなわち露光光ELの光路が液体50で満たされているか否かを検出することができる。さらに、フォーカス検出系70は、液体50における検出光Laの光路中の気泡（気体部分）を検出することができる。

ここで、気泡18とは、図10中、液体50中を浮遊している気泡18A、第1光学部材81の端面（液体接触面）に付着している気泡18B、第2光学部材82の端面（液体接触面）に付着している気泡18C、及び基板P上に付着している気泡（不図示）を含む。このように、液浸領域ARの液体50中に気泡18が存在する場合、フォーカス検出系70の投射系71から射出された検出光Laは、散乱や屈折等を生じ、受光系72に対する光量（受光量）を変化させるか、あるいはその光路を変化させて受光系72に受光されないので（符号Lb参照）、フォーカス検出系70は、受光系72の出力に基づいて、露光光ELの光路上に設けられている液浸領域ARの液体50中の気体部分（気泡）の有無を検出することができる。

また、本実施形態においては、フォーカス検出系70は、受光系72の出力に基づいて、検出光Laの光路中の気泡18を検出する構成であるため、基板P上に付着している気泡や第1、第2光学部材81、82に付着している気泡18（18B、18C）はもちろん、液浸領域ARを形成する液体50中を浮遊している気泡18（18A）についても検出することができる。そのため、検出光Laの光路上であれば、液浸領域ARの液体50中の露光光ELの光路以外の位置に存在する気泡18も検出することができる。制御装置CONTは、フォーカス検出系70を使用して基板Pの面位置情報を検出しつつ露光処理を行う。フォーカス検出系70は、基板Pの露光処理中に検出光Laを投射し、露光光ELの光路上の、液体50中の気体部分の有無や、検出光Laの光路中の気体部分の有無を検

出することができる。もちろん、フォーカス検出系70は、露光処理以外のタイミングにおいても液浸領域ARの液体50中の気体部分の有無を検出することもできる。

また、フォーカス検出系70は、検出光Laの光路上であれば、液浸領域ARの液体50中の露光光ELの光路以外の位置に存在する気泡18も検出することができる。例えば、走査露光中において、露光光ELの光路以外の位置に存在する気泡18が基板Pの移動に伴って液体50中を移動して露光光ELの光路上に配置されたり、基板Pや光学素子60に付着した場合でも、フォーカス検出系70によって、露光光ELの光路以外の位置に存在する気泡18が露光光ELの光路上に配置されたり、基板Pや光学素子60に付着する前に、その気泡18を検出することができる。したがって、露光処理中において、例えば液体50中を浮遊していた気泡18が露光光ELの光路上や基板P上に配置される前に、フォーカス検出系70の出力に基づいて気泡18が露光光ELの光路上や基板P上に配置されることを予測し、例えば露光処理の停止や警報装置の駆動等の適切な処理を行うことができる。これにより、露光不良や不良ショットが発生する不都合を回避することができる。

また、フォーカス検出系70の投射系71は複数の検出光Laを基板P上のマトリクス状の各点に照射するため、受光系72に受光される複数の検出光Laそれぞれの光強度（受光量）に基づいて、フォーカス検出系70は気泡18の位置情報を求めることができる。ここで、複数の検出光Laのそれぞれの照射位置情報は設計値に基づいて特定される。制御装置CONTは、複数の検出光Laのうち、受光系72の各受光部に入射する光強度が低下した検出光Laの照射位置情報、あるいはその検出光Laに対応する受光系72の受光部の設置位置に関する情報に基づいて、気泡18の位置（気泡18が存在した検出光の光路）を特定することができる。

また、図11に示すように、投影光学系PLの光学素子60と基板Pとの間に

液体 5 0 が十分に満たされずに液体 5 0 の一部が切れて、液浸領域 A R が所定の状態で形成されずに、露光光 E L の光路中に気体領域 A G が生成される可能性がある。フォーカス検出系 7 0 は、その気体領域 A G の有無を検出することもできる。なお気体領域 A G は、例えば基板 P の移動に伴う液体 5 0 の剥離や液体供給装置 1 の動作不良などによって生じる。図 1 1 では、気体領域 A G は第 2 光学部材 8 2 近傍に形成されており、液浸領域 A R の液体 5 0 は第 2 光学部材 8 2 の端面に密着（接触）していない。この場合においても、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a は、液浸領域 A R の液体 5 0 と気体領域 A G との界面で散乱や屈折等を生じ、受光系 7 2 に光量を低下した状態で受光されるか、あるいは受光されない。フォーカス検出系 7 0 は、受光系 7 2 の出力に基づいて、液浸領域 A R のうち露光光 E L の光路中の気体領域 A G の有無、すなわち露光光 E L の光路が液体 5 0 で満たされているか否かを検出することができる。また、この場合においても、制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 7 0 を使って基板 P の面位置情報を検出しつつ露光処理を行うため、そのフォーカス検出系 7 0 （受光系 7 2 ）の出力に基づいて、基板 P の露光中に露光光 E L の光路中の気体部分の有無や検出光 L a の光路中の気体部分の有無を検出することができる。そして、露光処理中に気体領域 A G をフォーカス検出系 7 0 で検出した場合には、制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 7 0 の出力に基づいて、例えば露光動作を停止したり、液体供給装置 1 による液体供給量や液体回収装置 2 による液体回収量を調整して液浸領域 A R を所定の状態に維持する等の適切な処置を施すことができる。

ところで、基板 P を液浸露光処理する際には、図 1 2 (a) に示すように、基板 P を基板ステージ P S T にロードした後、露光処理を開始する前に、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 を駆動することで基板 P 上に液浸領域 A R を形成する液浸領域形成動作が行われる。このとき、制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 より検出光 L a を基板 P に照射しつつ露光処理前の液浸領域形成動作を行うことにより、フォーカス検出系 7 0 （受光系 7 2 ）の出力に基づいて、基板 P の露光開始の適否を判断することができる。すなわち、露光処理前

の液浸領域形成動作において、図12（b）に示すように、液浸領域A Rが未だ十分に形成されずに気体領域A Gが存在する場合、受光系7 2に達する検出光L aの光強度は低下する。制御装置C O N Tは、フォーカス検出系7 0の受光系7 2の出力に基づいて、液浸領域A Rは未だ十分に形成されていないと判断し、液浸露光処理を開始することは不適切であると判断する。制御装置C O N Tは、液浸領域A Rが所定の状態に形成されるまで液浸領域形成動作を継続し、場合によっては液体供給装置1の液体供給量や液体回収装置2の液体回収量を変更したり基板Pの位置を動かす等の液浸領域形成に関する動作条件を変更する。図12（c）に示すように、液浸領域A Rが十分に形成されて、第1光学部材8 1と第2光学部材8 2との間の検出光L aの光路が液体5 0で満たされると、投影光学系P Lの光学素子6 0と基板Pとの間の露光光E Lの光路も液体5 0で満たされたことになる。この状態において、投射系7 1から射出された検出光L aは受光系7 2に所定の光強度で入射するので、制御装置C O N Tは、フォーカス検出系7 0の受光系7 2の出力に基づいて、液浸領域A Rが形成されたと判断し、液浸露光処理を開始することは適切であると判断する。次いで、制御装置C O N Tは、露光光E Lの照射を開始して露光処理を行う。

ところで、上述したように、基板Pの露光中において、フォーカス検出系7 0によって露光光E Lの光路を含む液浸領域A R中に気泡1 8や気体領域A G等の気体部分が検出された場合、制御装置C O N Tはその基板Pの露光処理を停止する等の処理を行うが、露光光E Lの光路上に液体5 0が満たされているにも係わらず、検出光L aが受光系7 2に所定の光強度で受光されない状況が発生することが考えられる。この場合、液浸露光処理可能であるにも係わらず、露光処理を停止してしまう不都合が生じる。例えば、図13に示すように、フォーカス検出系7 0の投射系7 1から投射された複数の検出光L a 1～L a 5のうち、基板Pのエッジ部Eと基板Pの周りに設けられたプレート部材5 7との間の隙間5 8に照射された検出光L a 3は、散乱や屈折などを生じて受光系7 2に所定の光強度で受光されない可能性がある。ここで、プレート部材5 7は基板Pに同心状に設けられた環状部材であって、プレート部材5 7の上面と基板Pの上面とは略同じ

高さであり、このプレート部材 57 によって、基板 P のエッジ部 E 近傍を液浸露光する際にも投影光学系 PL の光学素子 60 の下に液体 50 を保持して液浸領域 AR の形状を維持できる。基板 P とプレート部材 57との間に隙間 58 が形成されているが、その隙間 58 に照射された検出光 La3 は、液浸領域 AR が良好に形成されているにも係わらず、受光系 72 に所定の光強度で受光されない可能性があり、その場合、制御装置 CONT が受光系 72 の出力に基づいて露光処理を停止してしまう不都合を生じる。また、プレート部材 57 が設けられていない構成も考えられるが、その場合、基板 P と基板ステージ PST (Zステージ 51)との間に段差が形成され、エッジ部 E 近傍の基板 P 上には液浸領域 AR が形成されているにも係わらず、基板 P の外側に照射される検出光 La3、La4、La5 などが受光系 72 に所定の光強度で受光されない可能性がある。

その場合、制御装置 CONT は、基板 P を支持する基板ステージ PST の位置を計測するレーザ干渉計 55 (図 1 参照) の計測結果と、レーザ干渉計 55 で規定されるステージ座標系での基板 P のエッジ部 E (隙間 58) の位置情報に基づいて、露光動作を制御する。具体的には、例えば、露光処理前のアライメント処理時等において、制御装置 CONT は前記ステージ座標系での基板 P のエッジ部 E (隙間 58) の位置情報を予め求めて記憶装置 MRY に記憶しておく。次いで、制御装置 CONT は、レーザ干渉計 55 により基板 P の位置情報を計測しつつ露光処理する。露光処理中、制御装置 CONT は、隙間 58 を含む基板 P のエッジ部 E 近傍に検出光 La が照射されているか否かを、記憶装置 MRY に記憶されている基板 P のエッジ部 E の位置情報を参照して判断する。例えば、隙間 58 に検出光 La が照射されていると判断した場合には、受光系 72 に受光される検出光 La の光量が低下したりあるいは受光されない状況が生じても、制御装置 CONT は、受光系 72 の出力を無視し、露光処理を継続する。こうすることにより、液浸露光処理が良好に行われているにも係わらず露光処理を停止してしまうといった不都合を回避できる。

図 14 は、本発明の別の実施形態を示す図である。本実施形態の特徴的な部分

は、フォーカス検出系 7 0 の検出光 L a を透過可能な光学部材 8 1 、 8 2 が投影光学系 P L の光学素子 6 0 と一体となるように設けられている点である。フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出される複数の検出光 L a のうち一部又は全部の検出光 L a は、投影光学系 P L を構成する複数の光学素子のうち一部（先端部）の光学素子 6 0 を通過するように設定されている。フォーカス検出系 7 0 は、光学素子 6 0 を介して検出光 L a を基板 P 上に投射する。このような構成によつても、フォーカス検出系 7 0 は、露光光 E L の光路中の気体部分の有無を検出することができる。また、図 1 4 では、光学部材 8 1 、 8 2 のそれぞれの下端面（液体接触面）は、 X Y 平面に略平行な平坦面となっており、光学素子 6 0 の先端面（下端面）と略同じ高さとなっている。液浸領域 A R の液体 5 0 は、光学部材 8 1 、 8 2 の下端面及び光学素子 6 0 の下端面に密着し、投影光学系 P L と基板 P との間ににおいて、広い領域に液浸領域 A R が形成される。

また、図 1 5 に示すように、液浸領域 A R の液体 5 0 中に気泡 1 8 が存在する場合には、上記実施形態同様、投射系 7 1 から射出された検出光 L a は気泡 1 8 に当たって散乱等するため、光強度が低下した状態で受光系 7 2 に受光される。これにより、フォーカス検出系 7 0 は、受光系 7 2 の出力に基づいて、液浸領域 A R のうち露光光 E L の光路中や検出光 L a の光路中における気泡（気体部分） 1 8 の有無を検出することができる。

なお、この場合においても、光学部材 8 1 、 8 2 のそれぞれは互いに独立した部材で構成してもよいし、投影光学系 P L の先端部の光学素子 6 0 を囲むように環状に一体で形成してもよい。

上述したように、本実施形態における液体 5 0 には純水を用いた。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、基板 P 上のフォトトレジストや光学素子（レンズ）等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板 P の表面、及び投影光学系 P L の先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も

期待できる。

そして、波長が193 nm程度の露光光ELに対する純水（水）の屈折率nはほぼ1.47～1.44程度と言われており、露光光ELの光源としてArFエキシマレーザ光（波長193 nm）を用いた場合、基板P上では $1/n$ 、すなわち約131～134 nm程度に短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約n倍、すなわち約1.47～1.44倍程度に拡大されるため、空气中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系PLの開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

本実施形態では、投影光学系PLの先端にレンズ60が取り付けられているが、投影光学系PLの先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系PLの光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光ELを透過可能な平行平面板であってもよい。液体50と接触する光学素子を、レンズより安価な平行平面板とすることにより、露光装置EXの運搬、組立、調整時等において投影光学系PLの透過率、基板P上の露光光ELの照度、及び照度分布の均一性を低下させる物質（例えばシリコン系有機物等）がその平行平面板に付着しても、液体50を供給する直前にその平行平面板を交換するだけでよく、液体50と接触する光学素子をレンズとする場合に比べてその交換コストが低くなるという利点がある。すなわち、露光光ELの照射によりレジストから発生する飛散粒子、または液体50中の不純物の付着などに起因して液体50に接触する光学素子の表面が汚れるため、その光学素子を定期的に交換する必要があるが、この光学素子を安価な平行平面板とすることにより、レンズに比べて交換部品のコストが低く、且つ交換に要する時間を短くすることができ、メンテナンスコスト（ランニングコスト）の上昇やスループットの低下を抑えることができる。

また、液体50の流れによって生じる投影光学系PLの先端の光学素子と基板

Pとの間の圧力が大きい場合には、その光学素子を交換可能とするのではなく、その圧力によって光学素子が動かないように堅固に固定してもよい。

なお、本実施形態では、投影光学系PLと基板P表面との間は液体50で満たされている構成であるが、例えば基板Pの表面に平行平面板からなるカバーガラスを取り付けた状態で液体50を満たす構成であってもよい。このとき、カバーガラスも投影光学系PLの一部を構成する。すなわち、マスクMと基板Pとの間における露光光ELの光路上に存在する全ての光学素子を投影光学系とする。

なお、本実施形態の液体50は水であるが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光ELの光源がF<sub>2</sub>レーザである場合、このF<sub>2</sub>レーザ光は水を透過しないので、この場合、液体50としてはF<sub>2</sub>レーザ光を透過可能な例えば過フッ化ポリエーテル（PFPE）やフッ素系オイルであってもよい。また、液体50としては、その他にも、露光光ELに対する透過性があってできるだけ屈折率が高く、投影光学系PLや基板P表面に塗布されているフォトレジストに対して安定なもの（例えばセダー油）を用いることも可能である。

上記各実施形態において、上述したノズルの形状は特に限定されるものでなく、例えば先端部60Aの長辺について2対のノズルで液体50の供給又は回収を行うようにしてよい。なお、この場合には、+X方向、又は-X方向のどちらの方向からも液体50の供給及び回収を行うことができるようにするため、供給ノズルと回収ノズルと上下に並べて配置してもよい。

なお、上記各実施形態の基板Pとしては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版(合成石英、シリコンウエハ)等が適用される。

また、上述の実施形態においては、投影光学系PLと基板Pとの間を局所的に

液体で満たす露光装置を採用しているが、露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置や、ステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する液浸露光装置にも本発明を適用可能である。露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置の構造及び露光動作は、例えば特開平6-124873号公報に詳細に記載されており、また、ステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する液浸露光装置の構造及び露光動作は、例えば特開平10-303114号公報や米国特許5,825,043に詳細に記載されており、それぞれ本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、これらの文献の記載内容を援用して本文の記載の一部とする。

露光装置EXとしては、マスクMと基板Pとを同期移動してマスクMのパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（スキャニングステッパ）の他に、マスクMと基板Pとを静止した状態でマスクMのパターンを一括露光し、基板Pを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（ステッパ）にも適用することができる。また、本発明は基板P上で少なくとも2つのパターンを部分的に重ねて転写するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。

また、本発明は、ツインステージ型の露光装置にも適用できる。ツインステージ型の露光装置の構造及び露光動作は、例えば特開平10-163099号及び特開平10-214783号（対応米国特許6,341,007、6,400,441、6,549,269及び6,590,634）、特表2000-505958号（対応米国特許5,969,441）あるいは米国特許6,208,407に開示されており、それぞれ本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、これらの文献の記載内容を援用して本文の記載の一部とする。

露光装置EXの種類としては、基板Pに半導体素子パターンを露光する半導体

素子製造用の露光装置に限らず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD）あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

基板ステージPSTやマスクステージMSTにリニアモータを用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。また、各ステージPST、MSTは、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイドを設けないガイドレスタイプであってもよい。ステージにリニアモータを用いた例は、米国特許5,623,853及び5,528,118に開示されており、それぞれ本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、これらの文献の記載内容を援用して本文の記載の一部とする。

各ステージPST、MSTの駆動機構としては、二次元に磁石を配置した磁石ユニットと、二次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力により各ステージPST、MSTを駆動する平面モータを用いてもよい。この場合、磁石ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージPST、MSTに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットとの他方をステージPST、MSTの移動面側に設ければよい。

基板ステージPSTの移動により発生する反力は、投影光学系PLに伝わらないように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。この反力の処理方法は、例えば、米国特許5,528,118（特開平8-166475号公報）に詳細に開示されており、本国際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、この文献の記載内容を援用して本文の記載の一部とする。

マスクステージMSTの移動により発生する反力は、投影光学系PLに伝わらないように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。この

反力の処理方法は、例えば、米国特許 5,874,820 (特開平 8-330224 号公報) に詳細に開示されており、本國際出願で指定または選択された国の法令で許容される限りにおいて、この文献の記載内容を援用して本文の記載の一部とする。

以上のように、本願実施形態の露光装置 EX は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行なうことが望ましい。

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図 16 に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ 201、この設計ステップに基づいたマスク (レチクル) を製作するステップ 202、デバイスの基材である基板を製造するステップ 203、前述した実施形態の露光装置 EX によりマスクのパターンを基板に露光する露光処理ステップ 204、デバイス組み立てステップ (ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む) 205、検査ステップ 206 等を経て製造される。

#### 産業上の利用可能性

本発明によれば、液浸法に基づいて露光処理する際、気泡検出器や気体検出系により、パターン転写精度に大きく係わる部分である、投影光学系と基板との間の液体中の気泡を含む気体部分を検出することができる。また、投影光学系と基板との間の液体が切れたかどうか、また、投影光学系の像面側が露光や計測に十分な液体で満たされているかを検出することもできる。この検出結果に基づいて、良好な生産性を維持するための適切な処理を施すことができる。

## 特許請求の範囲

1. パターンの像を液体を介して基板上に転写して基板を露光する露光装置であって、  
パターンの像を基板に投影する投影光学系と、  
該投影光学系と前記基板との間の液体中の気泡を検出する気泡検出器とを備える露光装置。
2. 前記気泡検出器は、前記気泡を光学的に検出することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。
3. 前記気泡検出器は、前記液体に光を投射する投射系と、前記液体からの光を受光する受光系とを有することを特徴とする請求項2に記載の露光装置。
4. 前記基板は所定の走査方向に移動しながら走査露光され、前記投射系は、前記投影光学系の光軸に対して前記走査方向に離れた位置から光を投射することを特徴とする請求項3に記載の露光装置。
5. 前記液体を供給する供給装置を備え、前記液体は、前記走査露光中に、前記投影光学系と前記基板との間を前記走査方向と平行に流れることを特徴とする請求項4に記載の露光装置。
6. 前記気泡検出器は、前記受光系で検出される光の強度に基づいて、前記気泡の量を検知することを特徴とする請求項3に記載の露光装置。
7. 前記気泡検出器の検出結果に基づいて、前記基板の露光が適切に行われたか否かが判断されることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。
8. 前記基板上の複数のショット領域のそれぞれの露光中に前記気泡検出器に

による気泡の検出を行い、該検出結果に基づき、前記気泡により前記パターンの像の結像が適切に行われなかったショット領域を記憶することを特徴とする請求項7に記載の露光装置。

9. パターンの像を液体を介して基板上に転写して基板を露光する露光装置であって、

パターンの像を基板に投影する投影光学系と、

前記投影光学系と前記基板との間の液体の不足を検出する液不足検出装置とを備える露光装置。

10. 前記液不足検出装置は、前記投影光学系と前記基板との間の液体不足を光学的に検出することを特徴とする請求項9に記載の露光装置。

11. 前記液不足検出装置は、前記液体に光を投射する投射系と、前記液体からの光を受光する受光系とを有することを特徴とする請求項10に記載の露光装置。

12. 前記液不足検出装置は、前記液体からの光の前記受光系への非入射により前記液体不足を検出することを特徴とする請求項11に記載の露光装置。

13. 投影光学系と液体とを介して露光光を基板に照射して前記基板を露光する露光装置であって、

前記露光光の光路中における気体部分の有無を検出する気体検出系を備える露光装置。

14. 前記気体検出系は、前記露光光の光路中の気泡を検出することを特徴とする請求項13に記載の露光装置。

15. 前記気体検出系は、前記露光光の光路が液体で満たされているか否かを

検出することを特徴とする請求項 1 3 に記載の露光装置。

16. 前記気体検出系の出力に基づいて、前記基板の露光開始の適否を判断することを特徴とする請求項 1 3 に記載の露光装置。

17. 前記気体検出系は、前記基板の露光中に前記露光光の光路中の気体の有無を検出することを特徴とする請求項 1 3 に記載の露光装置。

18. 前記気体検出系は、前記気体部分を光学的に検出することを特徴とする請求項 1 3 に記載の露光装置。

19. 前記気体検出系は、前記基板上の液体を介して検出光を前記基板上に投射するとともに、その反射光を受光することによって、前記基板の面位置を検出する面位置検出機能を備えていることを特徴とする請求項 1 8 に記載の露光装置。

20. 投影光学系と液体とを介して露光光を基板に照射して前記基板を露光する露光装置であって、  
前記基板上の液体を介して前記基板上に検出光を投射するとともに、前記基板上で反射した検出光を受光して、前記基板の面位置を検出する面位置検出系を備え、

前記面位置検出系の出力に基づいて、前記検出光の光路中における気体部分の有無を検出する露光装置。

21. 前記検出光は、前記露光光の光路を通過することを特徴とする請求項 20 に記載の露光装置。

22. 前記面位置検出系の出力に基づいて、前記検出光の光路中の気泡を検出することを特徴とする請求項 20 に記載の露光装置。

23. 前記面位置検出系の出力に基づいて、前記基板の露光開始の適否を判断することを特徴とする請求項20に記載の露光装置。

24. 前記面位置検出系の出力に基づいて、前記基板の露光中に、前記検出光の光路中の気体の有無を検出することを特徴とする請求項20に記載の露光装置。

25. 前記面位置検出系は、前記基板上に複数の検出光を投射することを特徴とする請求項20に記載の露光装置。

26. 前記面位置検出系は、前記投影光学系の一部の光学部材を介して前記検出光を前記基板上に投射することを特徴とする請求項20に記載の露光装置。

27. 請求項1、9、13及び20のいずれか一項に記載の露光装置を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

Fig. 1

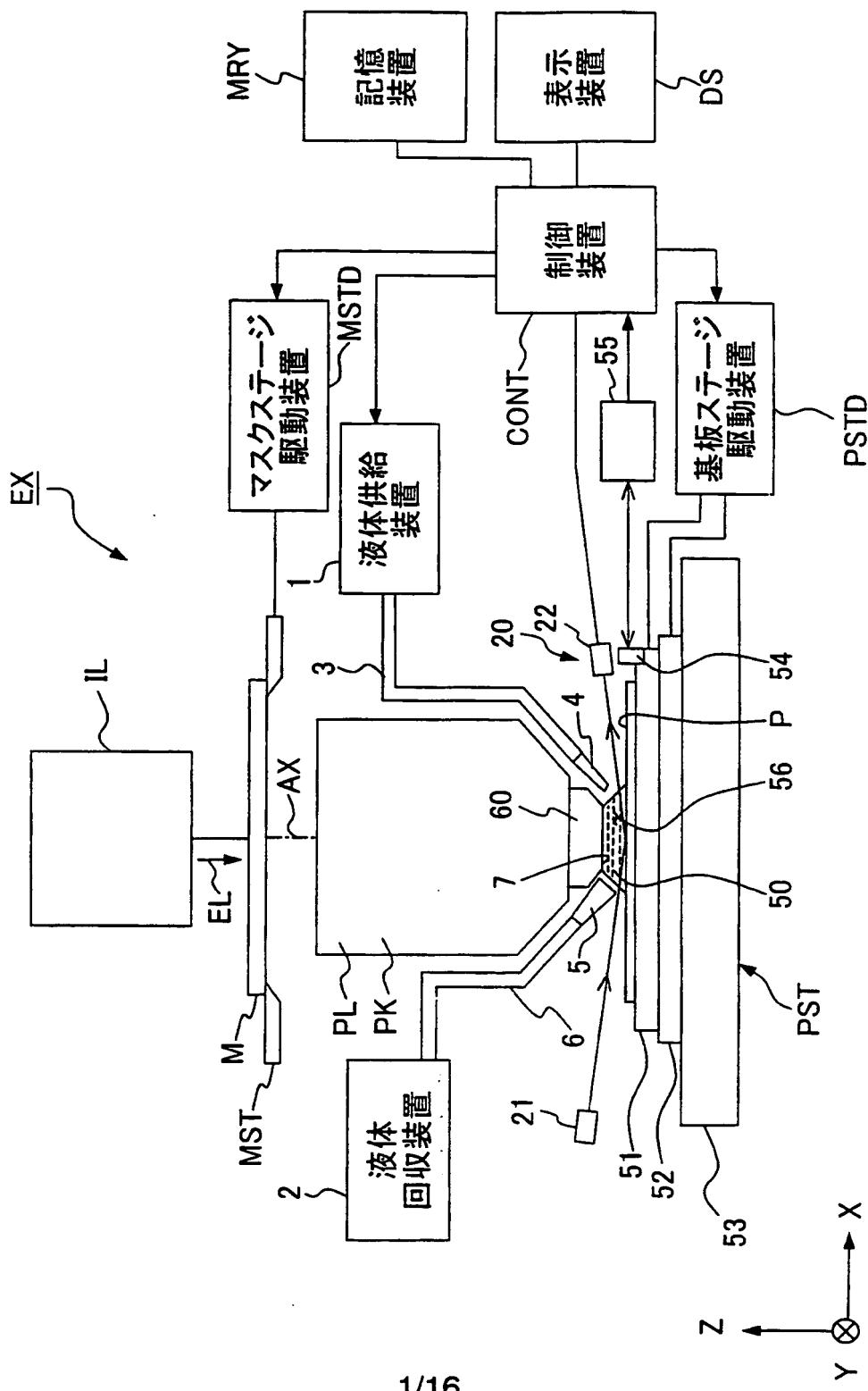


Fig. 2

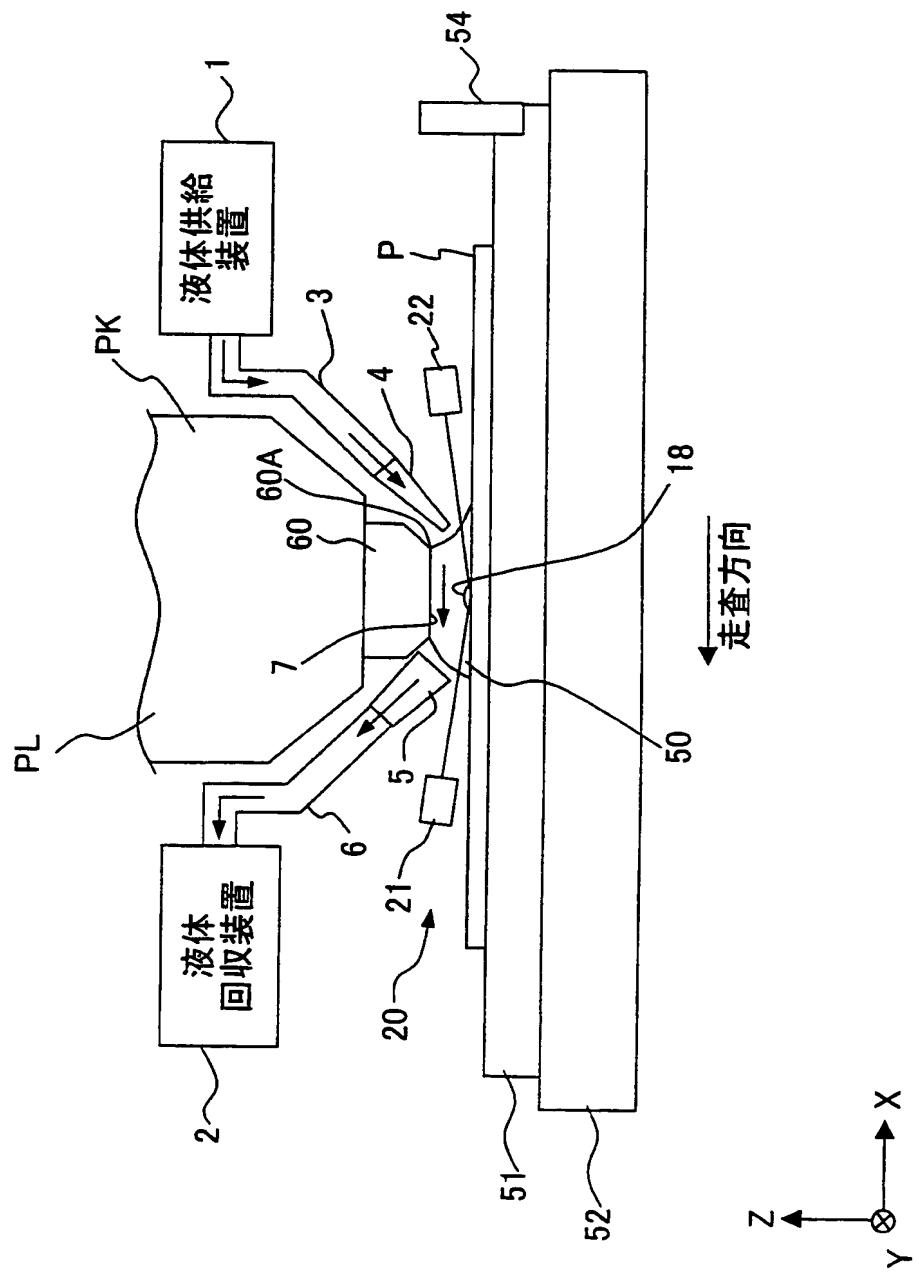
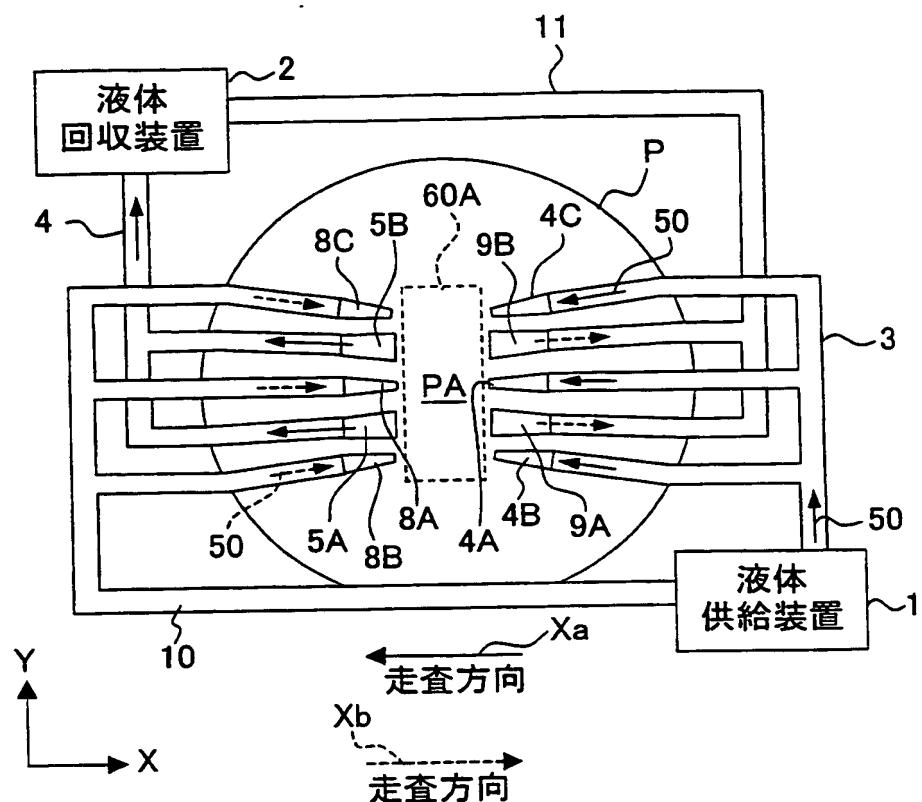


Fig. 3



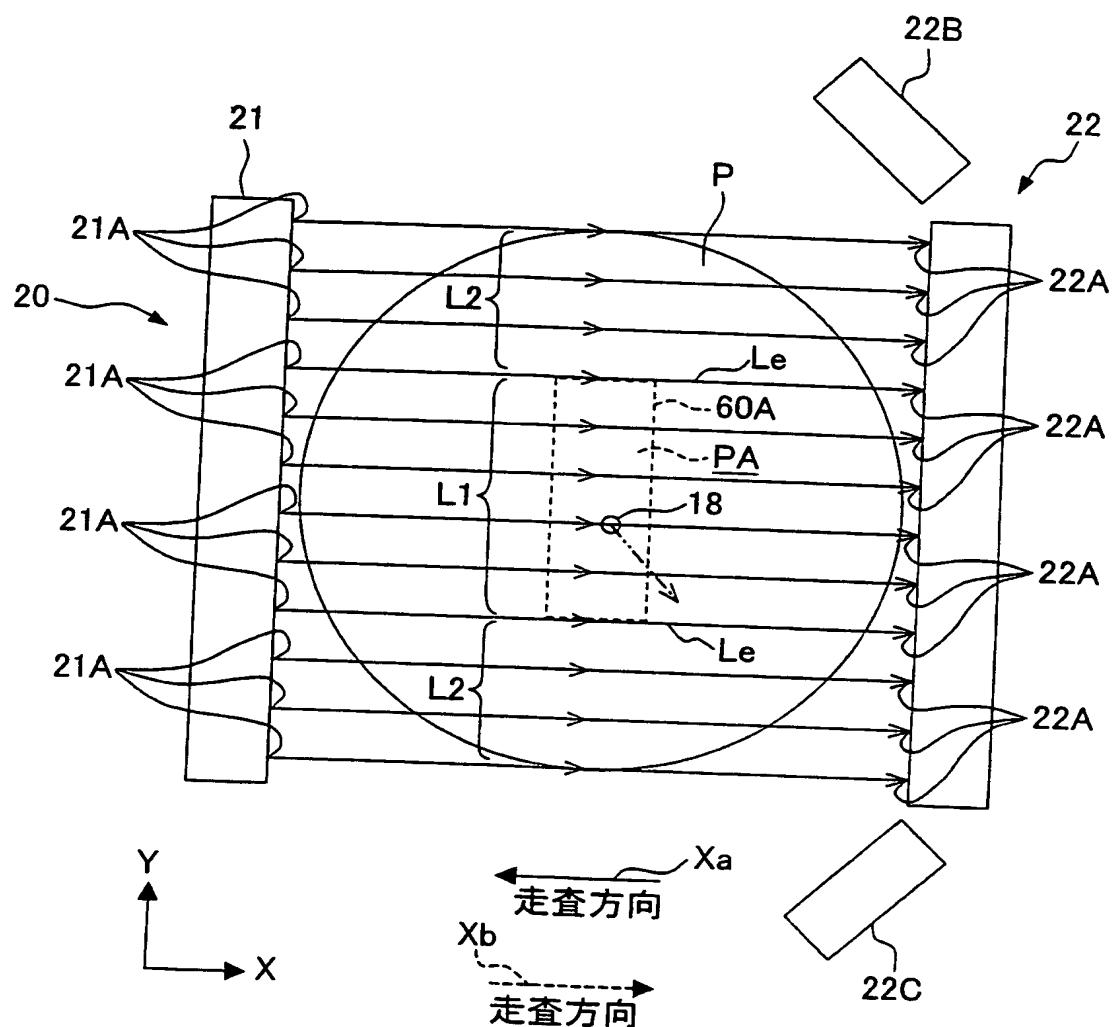
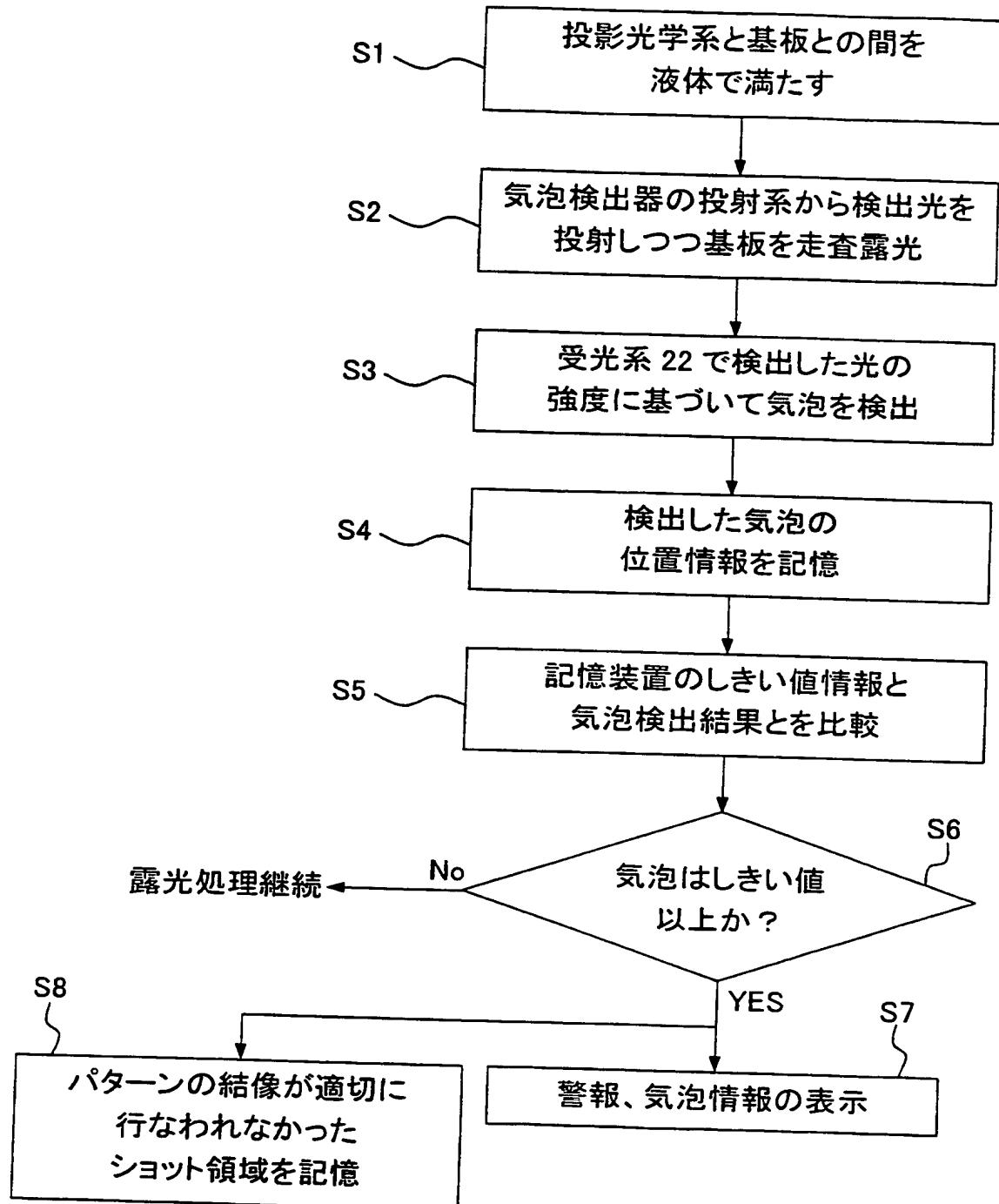
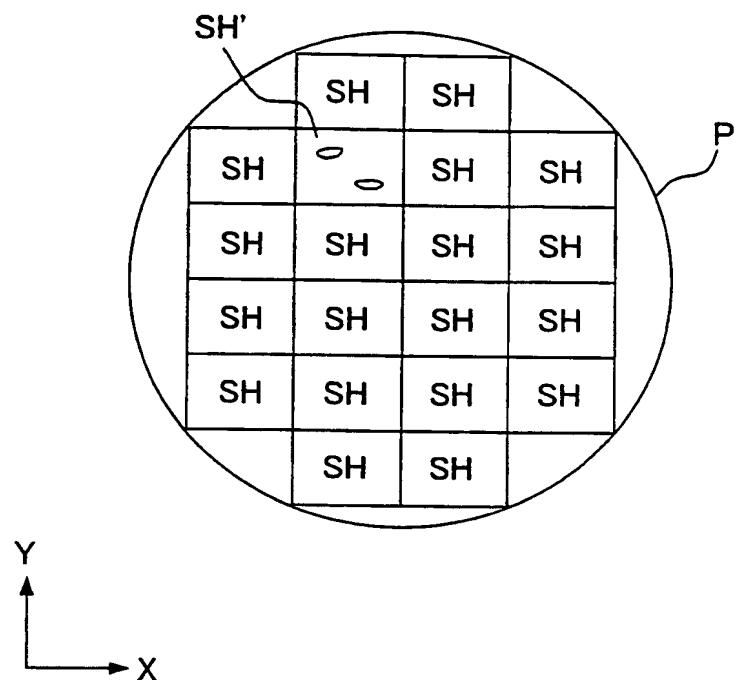
**Fig. 4**

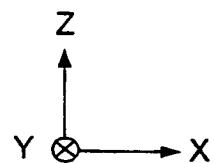
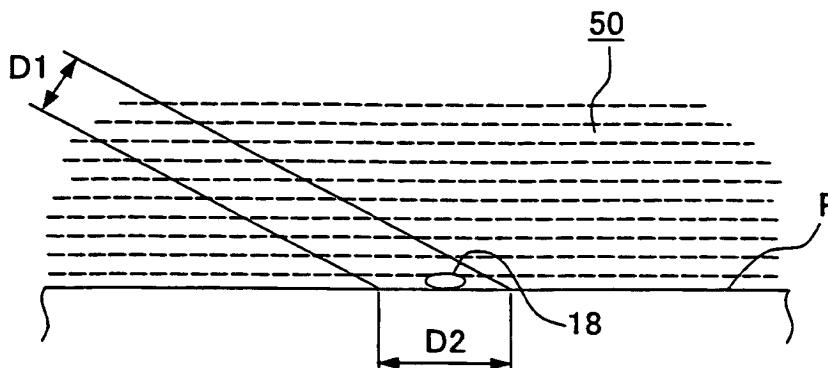
Fig. 5



**Fig. 6**

**Fig. 7**

(a)



(b)

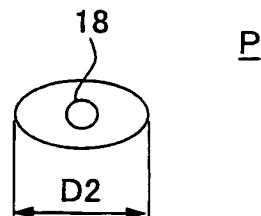
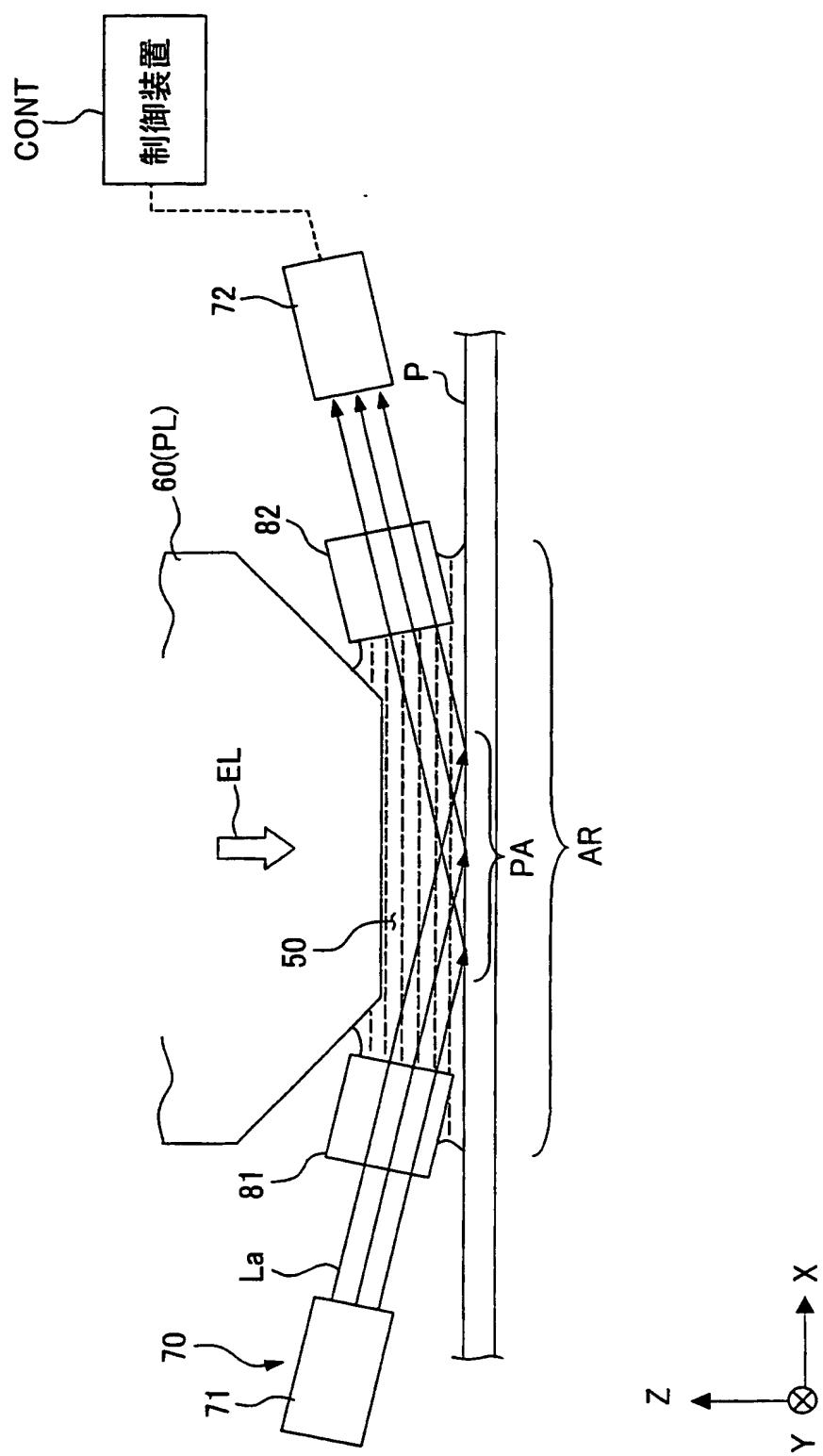


Fig. 8



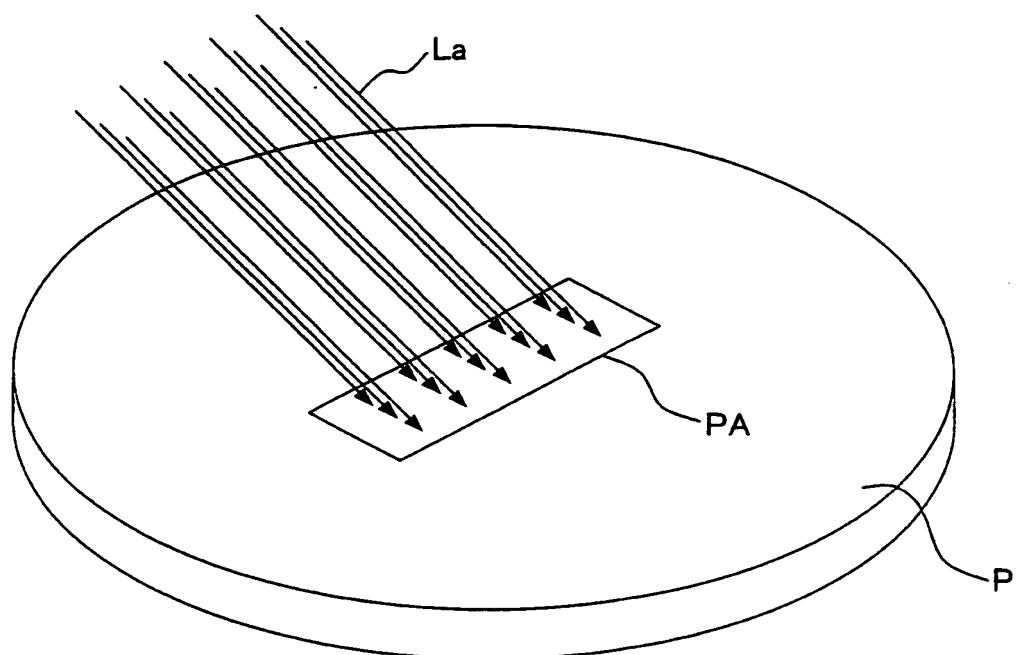
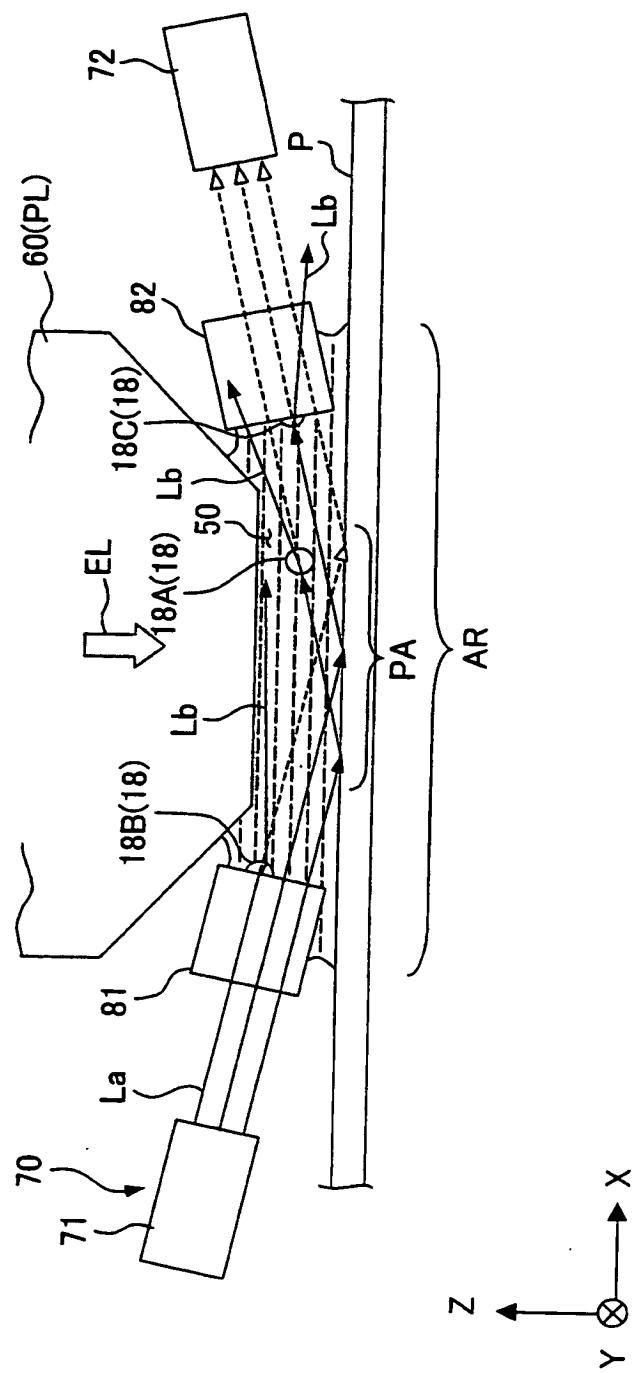
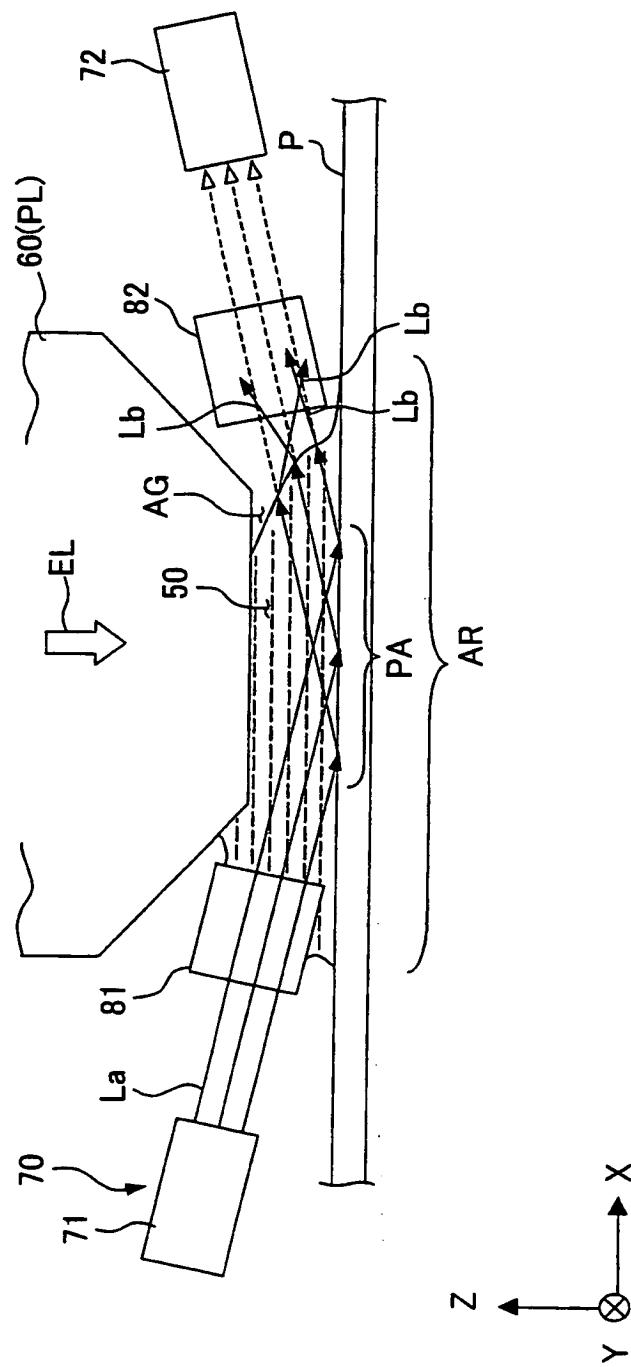
**Fig. 9**

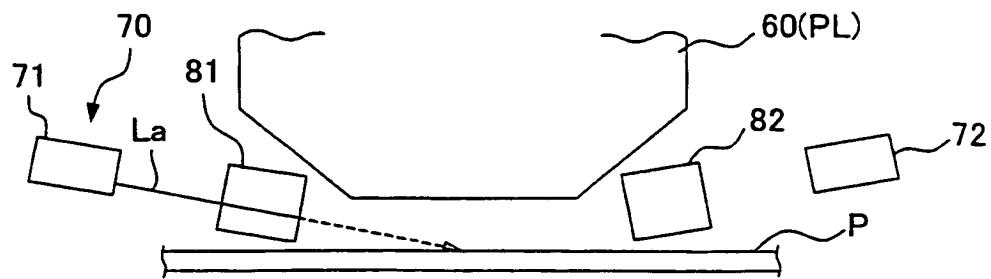
Fig. 10



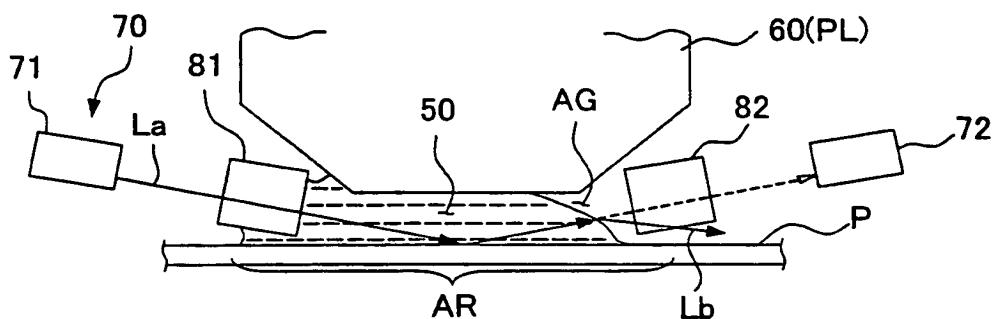
**Fig. 11**

**Fig. 12**

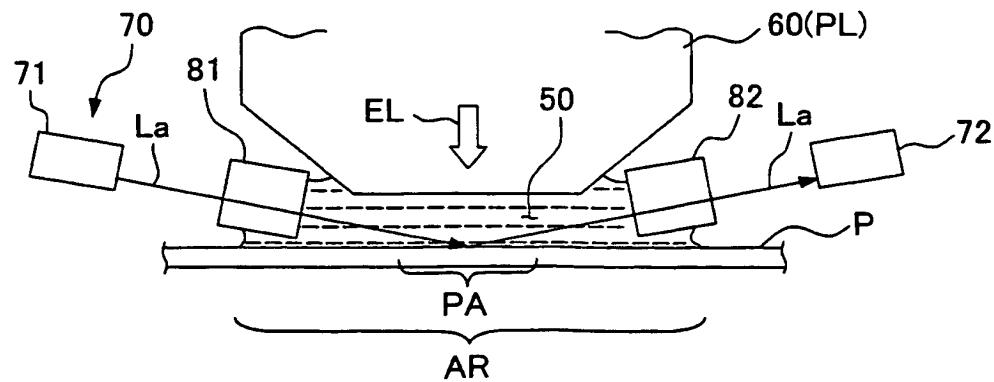
(a)



(b)



(c)



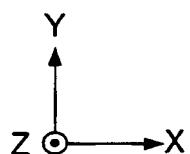
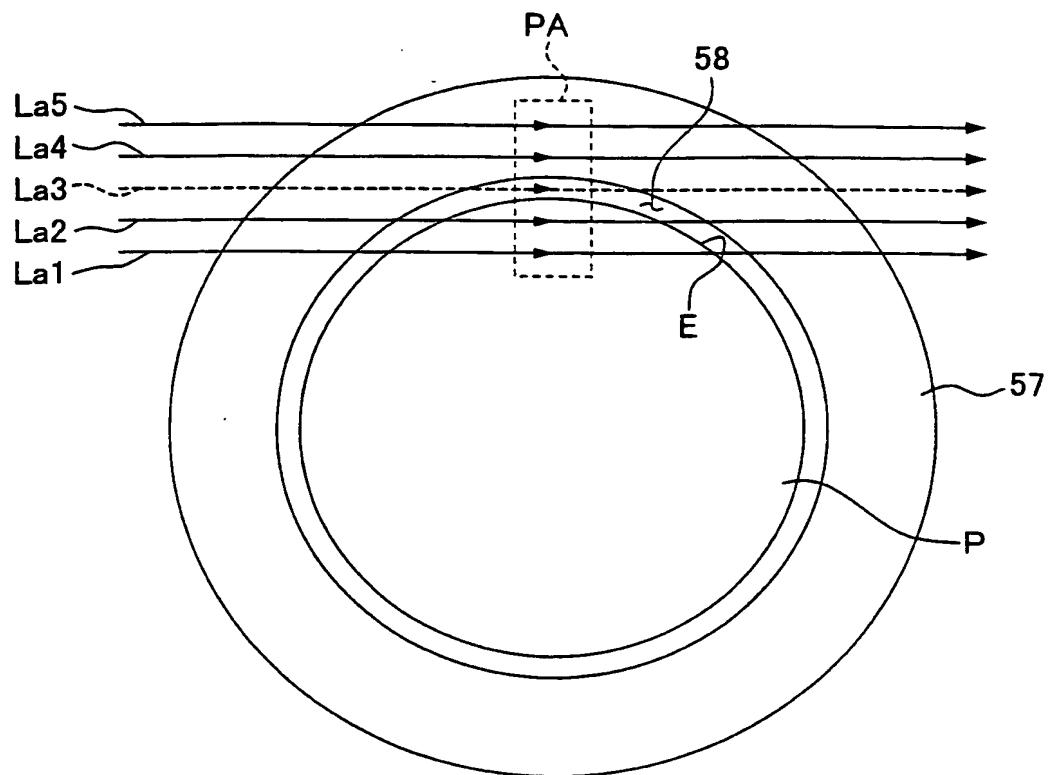
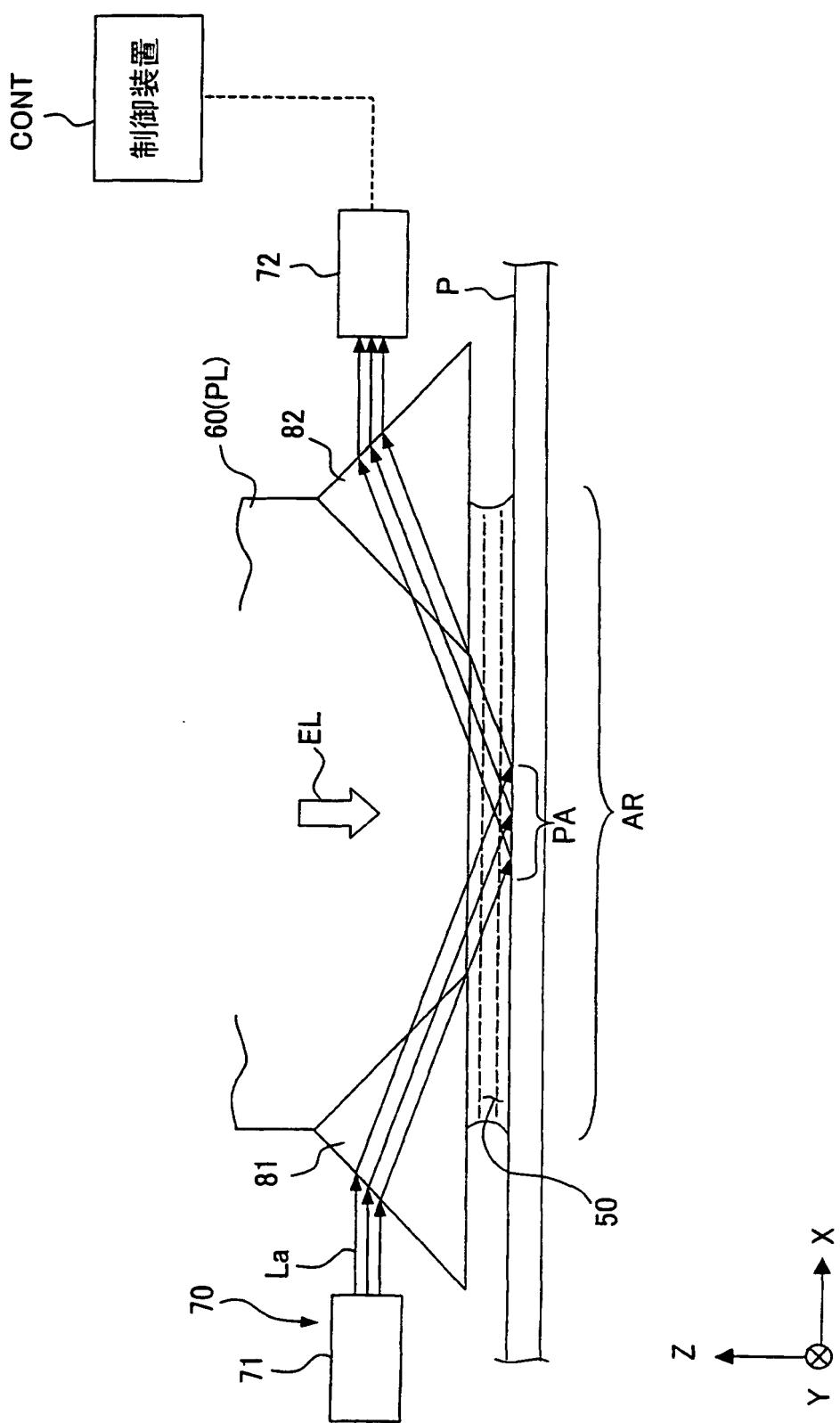
**Fig. 13**

Fig. 14



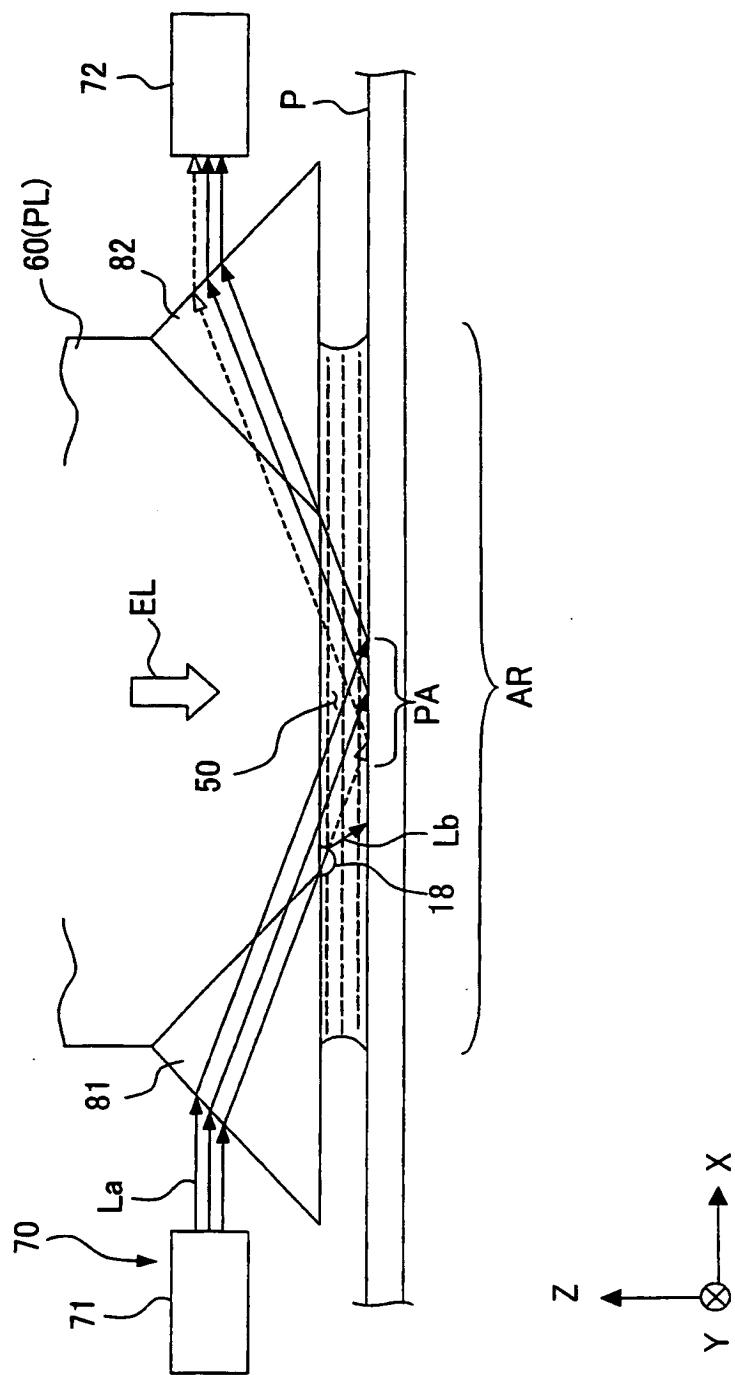
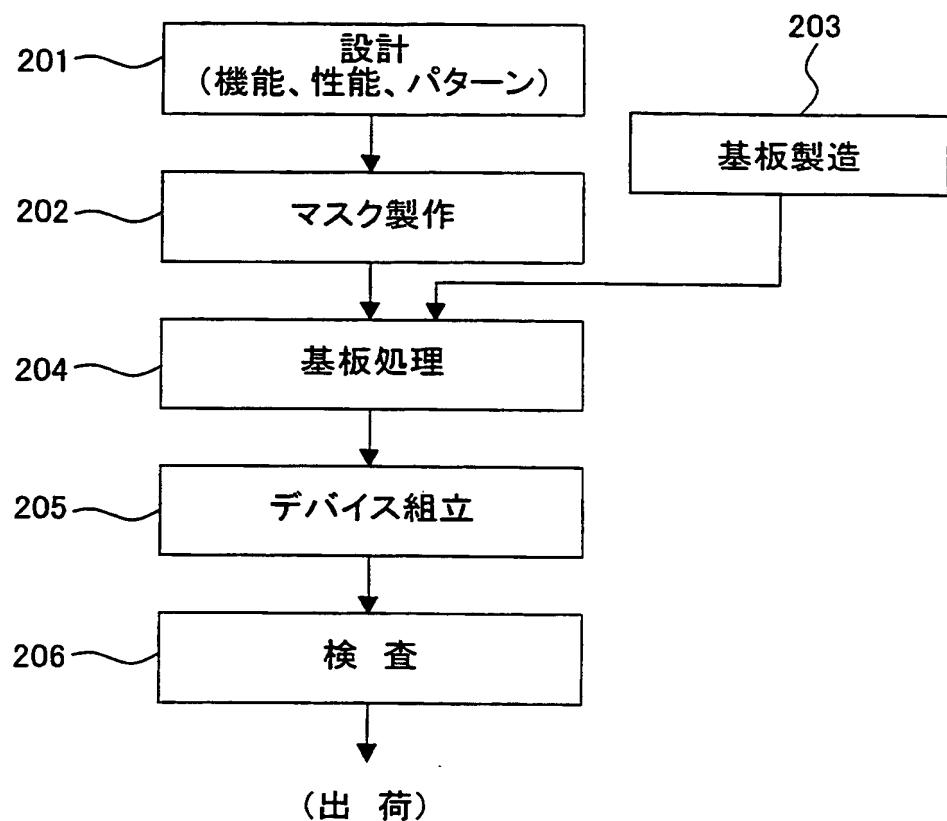
**Fig. 15**

Fig. 16



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15737

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/027, G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/027, G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
 Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004  
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-304072 A (NEC Corp.), 16 November, 1993 (16.11.93), Full text; all drawings (Family: none)	1-27
A	JP 6-124873 A (Canon Inc.), 06 May, 1994 (06.05.94), Claims; Par. No. [0015]; Fig. 1 (Family: none)	1-27
A	JP 6-168866 A (Canon Inc.), 14 June, 1994 (14.06.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-27

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

• Special categories of cited documents:	
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E"	earlier document but published on or after the international filing date
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&"	document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
22 March, 2004 (22.03.04)

Date of mailing of the international search report  
06 April, 2004 (06.04.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15737

## C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-220990 A (Hitachi, Ltd.), 18 August, 1995 (18.08.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-27
A	JP 10-255319 A (Hitachi Maxell, Ltd.), 25 September, 1998 (25.09.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-27
A	EP 834773 A2 (NIKON CORP.), 08 April, 1998 (08.04.98), Full text; all drawings & JP 10-154659 A & US 5825043 A	1-27
A	JP 10-303114 A (NIKON CORP.), 13 November, 1998 (13.11.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-27
A	JP 10-340846 A (NIKON CORP.), 22 December, 1998 (22.12.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-27
A	JP 11-176727 A (NIKON CORP.), 02 July, 1999 (02.07.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-27
A	WO 99/49504 A1 (NIKON CORP.), 30 September, 1999 (30.09.99), Claims; page 5, lines 20 to 21; Fig. 1 & AU 2747999 A	1-27
A	JP 2000-58436 A (NIKON CORP.), 25 February, 2000 (25.02.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-27

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP03/15737

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
Int. C17 H01L21/027, G03F7/20

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））  
Int. C17 H01L21/027, G03F7/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 5-304072 A (日本電気株式会社) 1993. 11. 16, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-27
A	JP 6-124873 A (キヤノン株式会社) 1994. 05. 06, 特許請求の範囲, 段落0015, 図1 (ファミリーなし)	1-27
A	JP 6-168866 A (キヤノン株式会社) 1994. 06. 14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-27

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「I」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

## 国際調査を完了した日

22. 03. 2004

## 国際調査報告の発送日

06. 4. 2004

## 国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

新井 重雄

2M 8605

電話番号 03-3581-1101 内線 3274

C(続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 7-220990 A (株式会社日立製作所) 1995. 08. 18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-27
A	JP 10-255319 A (日立マクセル株式会社) 1998. 09. 25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-27
A	EP 834773 A2 (NIKON CORPORATION) 1998. 04. 08, 全文, 全図&JP 10-154659 A&US 5825043 A	1-27
A	JP 10-303114 A (株式会社ニコン) 1998. 11. 13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-27
A	JP 10-340846 A (株式会社ニコン) 1998. 12. 22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-27
A	JP 11-176727 A (株式会社ニコン) 1999. 07. 02, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-27
A	WO 99/49504 A1 (株式会社ニコン) 1999. 09. 30, 特許請求の範囲, 第5頁第20-21行, 図1&AU 2747999 A	1-27
A	JP 2000-58436 A (株式会社ニコン) 2000. 02. 25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-27